



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

“ANÁLISIS NACIONAL DE LA DEGRADACIÓN DEL AGUA:
UNA EXPLICACIÓN POR MEDIO DEL ANÁLISIS
MULTIVARIADO”

TESIS

QUE PARA PRESENTAR EL EXAMEN DE GRADO DE:

LICENCIATURA EN ECONOMÍA

P R E S E N T A:

ALBERTO RUIZ GONZÁLEZ

TUTOR

DR. ALONSO AGUILAR IBARRA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2014.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice general.

| | |
|---|-----|
| Resumen..... | 6 |
| Introducción..... | 10 |
| Objetivo general..... | 14 |
| Objetivos particulares..... | 14 |
| Capítulo 1. El agua a nivel mundial..... | 15 |
| 1.1 Perspectiva general de la calidad del agua..... | 15 |
| 1.2 Casos relevantes de degradación del agua a nivel mundial..... | 24 |
| 1.3 Aspectos internacionales..... | 27 |
| Capítulo 2. El agua a nivel nacional..... | 35 |
| 2.1 Marco legal..... | 35 |
| 2.2 Marco institucional..... | 51 |
| Capítulo 3. Marco teórico y método para analizar la degradación del agua..... | 59 |
| 3.1 Acerca de la Teoría Económica..... | 59 |
| 3.2 Hipótesis y metodología..... | 67 |
| 3.2.1. Identidad IPAT y sus variantes..... | 68 |
| 3.2.2 El enfoque multivariado..... | 77 |
| Capítulo 4. Análisis de resultados y discusión..... | 89 |
| 4.1. Análisis de resultados..... | 89 |
| 4.2. Discusión..... | 96 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 108 |
| Bibliografía..... | 113 |
| Anexos..... | 117 |

Índice de figuras.

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribución mundial del agua..... | 11 |
| Figura 2. Regiones hidrológicas administrativas..... | 48 |
| Figura 3. Estructura de los Consejos de Cuenca..... | 57 |

Índice de tablas.

| | |
|---|-----|
| Tabla 1.1. Núm. y pct. de muestras que exceden los líms. permitidos por la OMS (1993). 26 | |
| Tabla 1.2. Eventos importantes sobre el agua..... | 27 |
| Tabla 2.1. Normatividad mexicana para la prevención y control de la contaminación del agua..... | 41 |
| Tabla 2.2. De máximos tolerables..... | 42 |
| Tabla.2.3. Normas técnicas ecológicas..... | 42 |
| Tabla. 2.4. Normas oficiales mexicanas (referentes a descargas de aguas residuales en cuerpos receptores provenientes de dif. industrias y sist. de alcantarillado o drenaje municipal..... | 44 |
| Tabla 2.5. Leyes que abordan la cuestión indígena y los recursos naturales (tierra, agua, bosques)..... | 47 |
| Tabla. 2.6. Principales instituciones y organizaciones que participan en el objetivo..... | 49 |
| Tabla 2.7. Organizaciones auxiliares en una cuenca..... | 54 |
| Tabla 3.1. Análisis de las gráficas presentadas..... | 65 |
| Tabla 3.2. Datos faltantes..... | 71 |
| Tabla 4.1 Coef. de determinación de R^2 de los modelos para México 2003-2008..... | 91 |
| Tabla 4.2. Error típico de los residuos..... | 91 |
| Tabla 4.3. Coeficientes de regresión parcial..... | 91 |
| Tabla 4.4. KMO y Prueba de Bartlet..... | 93 |
| Tabla 4.5. Comunalidades..... | 93 |
| Tabla 4.6. Varianza total explicada..... | 95 |
| Tabla 4.7. Matriz de transformación de los componentes..... | 95 |
| Tabla 4.8. Regresión..... | 98 |
| Tabla 4.9. Los obs. no superados para la gestión y el manejo de las cuencas..... | 101 |
| Tabla. 4.10. ¿En qué podemos comprometernos?..... | 103 |

Índice de gráficos.

| | |
|---|----|
| Gráfica 3.1. Expresión gráfica de una externalidad..... | 61 |
| Gráfica. 3.2. Suministros con o sin costos de contaminación..... | 63 |
| Gráfica 3.3. Daño ambiental marginal..... | 64 |
| Gráfica 3.4. Falta de compatibilidad entre una multa y una NOM..... | 65 |
| Gráfica 3.5. Compatibilidad entre una multa y una NOM..... | 63 |

| | |
|---|-----|
| Gráfica 3.6. Rel. del impacto entre la población y la riqueza para México 2003..... | 72 |
| Gráfica 3.7. Rel. del impacto entre la población y la riqueza para México 2004..... | 72 |
| Gráfica 3.8. Rel. del impacto entre la población y la riqueza para México 2005..... | 73 |
| Gráfica 3.9. Rel. del impacto entre la población y la riqueza para México 2006..... | 73 |
| Gráfica 3.10. Rel. del impacto entre la población y la riqueza para México 2007..... | 74 |
| Gráfica 3.11. Rel. del impacto entre la población y la riqueza para México 2008..... | 75 |
| Gráfica 3.12. Análisis clúster..... | 86 |
| Gráfica 4.1. Gráfico de sedimentación..... | 95 |
| Gráfico 4.2. Gráfico en espacio rotado..... | 96 |
| Gráfica 4.3. Dendograma..... | 97 |
| Gráfica 4.4. Escala de complejidad de acciones en programas de manejo de cuencas..... | 104 |

Índice de anexos.

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Variables para México 2003..... | 117 |
| Anexo 2. Variables para México 2004..... | 118 |
| Anexo 3. Variables para México 2005..... | 119 |
| Anexo 4. Variables para México 2006..... | 120 |
| Anexo 5. Variables para México 2007..... | 121 |
| Anexo 6. Variables para México 2008..... | 122 |
| Anexo 7. Variables para el enfoque multivariado..... | 124 |

Resumen.

El agua es un bien que es complemento de nuestra vida y conservar sus propiedades son importantes para el desarrollo de nuestras actividades en la vida diaria por lo tanto su calidad es un tema que se ha vuelto nuestro objeto de estudio, para dar a conocer una serie de herramientas para analizarla. Y es que una posible mala calidad de la misma puede ser el resultado de diversos factores que se desarrollarán durante el presente trabajo.

Algunos problemas con el agua a lo que se refiere en cuestiones físicas se describen a continuación, estas se toman solo como un antecedente, tales son :

Sedimentación, eutrofización, la contaminación térmica, acidificación, la contaminación microbiana, salinización, trazas de metales, el mercurio y plaguicidas.

Por tal motivo surgió un interés global en los aspectos ambientales y sociales siendo a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano organizada en Estocolmo en 1972. En aquel entonces, solamente 11 países contaban con instituciones que consideraran los aspectos ambientales. Este fue un precedente para desencadenar otros eventos llegando en específico a la problemática del agua. El conjunto de transformaciones políticas, económicas y sociales que se han ido produciendo en nuestra sociedad, ha implicado importantes cambios demográficos y territoriales (migraciones, grandes aglomeraciones urbanas, industrialización, nuevos usos agrarios, etc.) que afectaron fuertemente los usos del agua, siendo este un recurso sometido cada vez a más presiones por parte de los diversos actores sociales que inciden en su uso y gestión, nosotros mostramos también el enfoque reglamentario de la Unión Europea y de los Estados Unidos. Y por supuesto en nuestro país, en materia de política; actualmente tienen sus raíces en nuestra Constitución de 1917, en la que se establece que el recurso es de propiedad de la nación y que sólo puede ser utilizado mediante la adecuada autorización por parte de la autoridad federal correspondiente.

De acuerdo con el artículo 27, la propiedad de las aguas comprendidas dentro del territorio nacional corresponde originalmente a la nación, quien tiene el derecho de regular su aprovechamiento, transmitir el dominio de ellas a los particulares e imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público. De igual manera menciona que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas no podrá realizarse sino mediante concesiones otorgadas por Ejecutivo Federal, quien a su vez delega en la Comisión Nacional del Agua (Conagua) el ejercicio de sus atribuciones de acuerdo con lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento [Guerrero, 2004]. También los marcos de referencia para evaluar la calidad del agua son [Castillo, 2004]:

1. Los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua.
2. La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Otra parte importante es hacer mención sobre las instituciones que juegan para cumplir los objetivos propuestos tanto de análisis como a lo hora de realizar las políticas:

Comisión Nacional del Agua, Gobierno de los Estados, Municipios y Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento, Banca de Fomento y Desarrollo, Sector Privado, Universidades e Instituciones de Educación, H. Congreso de la Unión, Congresos Locales, Institutos de investigación y desarrollo, Secretaría de Relaciones Exteriores, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Sector Industrial, Secretaría de Salud, Organizaciones de la Sociedad Civil, Secretaría de Desarrollo Social y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Siguiendo con nuestro análisis se tiene que hacer mención de la teoría, desde un punto de vista económico. Sin embargo el agua posee externalidades, lo que implica que el precio privado no refleja forzosamente su valor social. Por ejemplo así como es un insumo para la producción, el agua posee funciones ecológicas y recreativas que son valoradas por la sociedad. Además, la contaminación del agua provocada por usuarios privados genera externalidades. Todo esto debe estar reflejado en el precio del agua. Esto no se aplica para México.

Por eso existen varios factores o momentos que explican las causas del deterioro ambiental de acuerdo a la visión de numerosos investigadores, pero en este caso vamos a citar a uno en particular, el Dr. Américo Saldívar [Saldívar, 2007]:

1. Fallas del mercado.
2. Fallas del gobierno en su incapacidad de aplicar políticas ambientales (Normatividad y regulación fiscal).
3. Excesivo crecimiento demográfico (Asentamientos irregulares).
4. Insuficiente información y bajos niveles de conciencia y de educación entre la población.

Así, los costos ambientales pueden dividirse en:

1. Costos por daño. Son los causados directamente por la contaminación.
2. Costos de prevención. Son aquellos en que la gente incurre al intentar librarse de la contaminación.
3. Costos de transición. Son aquellos implicados por la recopilación de información, estudios y el llegar a acuerdos acerca del nivel de contaminación. Cuando no son tomados en cuenta los costos por contaminación, la economía y la sociedad sufren de externalidades negativas. Un claro ejemplo de ellos son los precios sombra que se generan a partir de la falta o ausencia de costos de contaminación:

Otra parte importante es la hipótesis la cual es planteada de la siguiente manera:

Existen factores de uso del agua que reflejan una mayor degradación de la misma a nivel nacional mismos que sólo pueden ser identificados de manera multivariada.

Por ello dicho análisis será llevado a cabo mediante las herramientas de análisis como lo son: regresión múltiple, análisis factorial y análisis jerárquico. En el primer caso, se utilizará un modelo bien establecido, basado en la identidad IPAT y que se explica a continuación. La identidad IPAT proporciona información útil sobre el papel de las

actividades humanas, y contiene las únicas variables que hacen un seguimiento con el cambio ambiental. Por tal utilizaremos el modelo STIRPAT, se revisarán los supuestos del modelo de regresión y así poder interpretar si dichos resultados son confiables para una estimación y desentrañar si realmente dichos factores nos arrojaran un análisis más preciso. Pero al momento de interpretar los estadísticos no nos arrojaron lo que esperaba, por tal razón decidimos incluir el análisis multivariado, con la incorporación de más variables, nos pasamos al enfoque multivariado. Además tiene aplicación en diferentes disciplinas, tales como (Ayuga, 2013):

1. Administración de empresas: para construir tipología de clientes.
2. Agricultura: para clasificar cultivos por fotografía aérea.
3. Arqueología: clasificar restos arqueológicos.
4. Biometría: identificar los factores que determinan la forma de un organismo vivo.
5. Computación: diseñar algoritmos de clasificación automática.
6. Educación: para investigar la educación a distancia.
7. Medio ambiente: dimensiones de la contaminación ambiental.
8. Documentación: para clasificar revistas por su contenido.
9. Economía: dimensiones del desarrollo económico.
10. Geología: clasificar sedimentos.
11. Lingüística: encontrar patrones de asociación de palabras.
12. Medicina: para identificar tumores.
13. Psicología: para identificar factores que componen la inteligencia humana.

Parte importante es el Análisis Factorial (AF) el cual consiste en una técnica estadística multivariada cuya finalidad es analizar las relaciones de interdependencia existentes entre un conjunto de variables, calculando un conjunto de variables latentes, denominadas factores, que explican con un número menor de dimensiones, dichas relaciones, eso es lo que diferencia de otras técnicas, como es el análisis de regresión y el de varianza.

El análisis de clústeres también conocido como análisis de conglomerados o reconocimiento de patrones, es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es separar un conjunto de objetos en grupos (o clústeres) de forma de que:

1. Los objetos de un mismo grupo sean bien similares entre sí (cohesión interna del grupo).
 2. Y los objetos de los grupos sean lo más diferentes que se pueda (aislamiento externo)
- Se utiliza el principio de maximización de la varianza intergrupala, mientras se minimiza la varianza intragrupal.

El dendograma, gráfico más representativo de este tipo de análisis, asume la forma de un árbol de clasificación en el que es posible observar con toda claridad la forma y el número de los grupos que se van formando. En este gráfico es el eje de ordenadas el que adquiere verdadero protagonismo pues representa los distintos niveles de similitud en torno al cual se han ido agrupando las unidades de análisis en función de la medida elegida.

Uno de los pasos necesarios para formular estrategias y políticas de gobierno que conjunten armónicamente el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente es contar

con información suficiente y confiable sobre la situación del mismo, así de como los factores que presionan su integridad y la efectividad de sus acciones que se implementan para detener y, eventualmente, detener su deterioro. Por ejemplo:

Al encontrar que las estimaciones del modelo stirpat obtuvimos valores de R cuadrado insignificantes, oscilaron entre .023 a .093 en los modelos para México 2003-2008, nos indica que no serán tomados en cuenta para nuestro análisis.

Por tal motivo se tiene que enriquecer el estudio con las mencionadas variables. Para poder darle un sentido más realista se incorporaron de la siguiente manera:

1. Impacto.
2. Población.
3. Riqueza medida por el PIB.
4. Capacidad de tratamiento.
5. Generación de residuos sólidos urbanos.
6. Sup. de cuerpos de agua.
7. Sup. reforestada.
8. Sup. de agricultura.
9. Sup. de bosque.
10. Sup. de áreas urbanas.

Aunque sólo es para el año del 2005, debido a la disponibilidad de datos. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio presentada en el 2004, las evidencias indican que la actividad humana está ejerciendo tal presión sobre las funciones naturales de la Tierra que ya no puede garantizarse la capacidad de los ecosistemas para sustentar muchas de las necesidades de las nuevas generaciones. Más aún, se prevé que en las próximas décadas, en la medida que aumenten las demandas de la población, los ecosistemas estarán sujetos a presiones aún más fuertes, todo ello con el riesgo de un mayor debilitamiento de la infraestructura natural de la que depende la sociedad humana. (Semarnat, 2005).

En el análisis factorial nos arroja resultados interesantes como es que existe una categoría en donde se involucra el impacto, la población, la riqueza y la capacidad de tratamiento de la misma.

Regresión.

En el siguiente caso, a diferencia del R^2 del stirpat, era un valor muy bajo cercano a cero, en cambio nos muestra un valor de .477, bastante aceptable, debido a que fue enriquecido, por 7 variables más. Debe quedar claro a partir de la discusión precedente que muchos de los cambios en el sistema pueden ocurrir debido a las interacciones entre un gran número de actividades humanas, agregados a nivel mundial durante largos períodos de tiempo. Varias propiedades de estas interacciones emergen como características importantes de un sistema de la Tierra alterada [Steffen,2005]. La teoría económica convencional explica el deterioro ambiental, debido a que no existen muchos mercados bien estructurados y funcionales donde se intercambien los bienes ambientales; en consecuencia los productores y consumidores no incluyen los costos

implicados en sus decisiones, lo que explica el uso excesivo de los recursos naturales y por consiguiente el deterioro del medio ambiente [Escalante, 2003].

Una economía basada en el conocimiento constantemente produce cambios, por lo que la adquisición de nuevas habilidades y la innovación tecnológicas son vitales. Para responder a la nueva dinámica económica se necesitan sistemas de información y producción más flexibles, no tan rígidos como los tradicionales, los cuales todavía están presentes en sociedades no desarrolladas [Valenti, 2008]. De esta manera se pueden detectar los cambios en la composición físico- química del agua, y así poder prevenir una futura o futuras catástrofes, que no se puede visualizar su alcance. Además de tener en cuenta la propuesta de contar con un completo sistema de contabilidad para dicho recurso.

Introducción

Esta tesis descansa sobre dos ramas importantes, como lo son la economía ecológica (deriva de la necesidad de estudiar las relaciones entre los ecosistemas naturales y el sistema económico) y la pública (debe de estar basada en la economía del bienestar), esto a su vez se aplica al fenómeno que se está estudiando.

El agua es un recurso que nos ayuda en muchos aspectos de nuestras vidas, y juega un rol principal, por lo que su estudio debe de ser materia primordial para cada uno de los que habitamos este planeta, para poder contar con algo en miras del futuro.

Por eso debe de destacar tres visiones o enfoques [Saldívar, 2007]:

- El centrado en los bienes del individuo
- El orientado al bienes económico de la sociedad en su conjunto y
- El que privilegia el bienestar de los ecosistemas.

También es importante hacer mención de la distribución del agua en el planeta, el cual es de la siguiente manera:

El agua del planeta se distribuye de la siguiente manera:

97.5 % es agua salada; ocupa mares y océanos

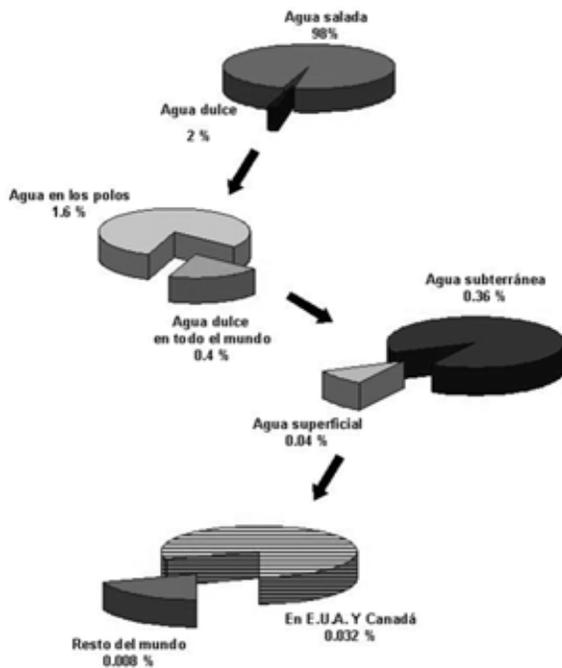
2.5 % es agua dulce: el 1,71 % es hielo y se halla en los casquetes polares

el 0.75 % es agua subterránea

el 0.02 % es permafrost en las regiones polares.

Sólo el 0.01 % del agua total del planeta es superficial (ríos- lagos- lagunas) o atmosférica (vapor de agua)

Figura 1. Distribución mundial del agua.



Fuente: <http://www.ceaqueretaro.gob.mx/index/aguamundo>.

Es de suma importancia para desentrañar los impactos humanos de la variabilidad natural con el fin de entender su relación e importancia como motores del cambio en el funcionamiento del Sistema de la Tierra. Por otra parte, dentro de cada conjunto de influencias, naturales y humanos, hay una serie de procesos, los impactos de los cuales tienen que ser desenredados [Steffen, 2005]. El agua como recurso debe ser aprovechada en todos sus niveles de calidad y del propio ciclo hidrológico [Barrios, 2003]. Además, “el agua es un bien con características de patrimonio natural, económico, sociocultural y estratégico” [Saldívar, 2007].

El agua no sólo es un recurso natural vulnerable y finito, también es un insumo y como tal, debe de tener un valor económico. El agua toca todas las esferas de la actividad humana: agricultura, industria, salud, etcétera [Jacobo, 2004]. En el mundo hay excelentes ejemplos en que diversos países han estimulado actividades económicas, sociales o incluso ambientales con base en los recursos hídricos disponibles. No obstante, en México todavía nos falta reconocer que los recursos naturales, el agua de manera esencial, son un elemento potencial para el crecimiento de las diferentes regiones del país y de su gente. [Tortajada, 2004]

Uno de los enfoques más recientes en la gestión de recursos acuáticos es el concepto de calidad ambiental que se refiere al grado de perturbación y potencial de conservación o restauración de un ecosistema sometido a presiones humanas. Desde un punto de vista integral, definir la calidad del agua significa ir más allá de sus atributos fisicoquímicos o biológicos, implica tomar en cuenta el contexto ecológico, así como los usos y valores que la sociedad les otorga [Aguilar, 2010]. Siendo que, “El crecimiento demográfico ha crecido de manera importante que los futuros seres humanos ya la padezcan” [Saldívar, 2007] y “la

economía sigue creciendo pero a expensas de la destrucción de los hábitats y ecosistemas naturales” [Saldívar, 2007].

La calidad del agua es un tópico complejo ya que incluye la interacción del recurso con múltiples procesos que involucran un sinnúmero de sustancias que, en mayor o en menor grado, tienen un impacto en los usos del agua; estas pueden originarse dentro de fenómenos naturales, pero otras de la actividad humana que alteran al medio natural y representan un riesgo a la salud de la misma especie¹[Barrios, 2003]. Un reto principal para el desarrollo del país lo representa la presión ejercida por la polarización de los asentamientos humanos [Tortajada, 2004].

Se considera “contaminante”² al exceso de materia o energía (calor) que provoque daño a los humanos, animales, plantas y bienes, o en su defecto perturbe negativamente en las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro del agua.

Como ejemplo basta mencionar que la pérdida de agua asociada con los procesos de erosión es considerada el factor que más impacto tiene en la producción de alimentos en todo el mundo, actualmente. Los impactos de la erosión incluyen la pérdida de capacidad de la infraestructura hidráulica, destrucción de caminos, fallas en las presas, eutrofización de los cuerpos de agua, azolvamiento de bahías y canales, pérdida de hábitats y alteración de la ecología de los sistemas acuáticos, inundaciones, daños a la salud de la población e incremento de los costos de potabilización [Barrios, 2003].

Las descargas de aguas residuales provenientes de los principales centros urbanos o las actividades industriales son comúnmente consideradas las principales fuentes de contaminación. Sin embargo, las descargas no puntuales, las cuales comprenden el acarreo de suelos o erosión, retornos agrícolas, escurrimientos urbanos, lixiviados, derrames accidentales o intencionales y las disposiciones atmosféricas, son tan importantes o más en términos de contaminación y por lo tanto de degradación de la calidad del agua en una cuenca [Barrios, 2003].

Al contrario de lo que ha sucedido en México históricamente, las políticas deberían considerar las ventajas naturales de los territorios para el beneficio de sus habitantes, así como crear y ofrecer condiciones similares para la potenciación de su desarrollo endógeno, respetando sobre todo su diversidad y heterogeneidad socioculturales [Tortajada, 2004].

Desafortunadamente, a pesar del discurso oficial, todavía se requiere en el país de elaboración e implementación de políticas de desarrollo que consideren el uso y

¹ De esta forma, resulta adecuada la definición de contaminación, como el cambio en la calidad física, química, biológica y radiológica del agua, causada por el hombre o actividades relacionadas y que afectan los usos actuales y potenciales del recurso [Barrios, 2003].

² El origen de la contaminación es muy variado pero se pueden citar como causantes: la lluvia ácida, los desechos urbanos e industriales, el drenado de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas (accidentales o intencionales), los efluentes de plantas depuradoras, los subproductos de los procesos de depuración, la ruptura de drenajes y el lavado de la atmósfera, entre otros.

explotación potencial y racional de los recursos naturales por medio de los cuales las distintas regiones de México pudieran crecer, y con ellas, su población³ [Tortajada, 2004].

Al considerar el agua como un insumo vital de las actividades económicas y sociales, en muchas áreas se ha vuelto actualmente un recurso limitante para el desarrollo mismo, poniendo además en peligro la sustentabilidad de las actividades que ya están asentadas, tal es el caso de las regiones norte y centro del país donde el desarrollo económico ha sido muy intenso [Peña, 2004].

Los problemas de contaminación en la humanidad no son nuevos y es que la problemática de las grandes concentraciones de personas en los lugares ha originado conflictos de diversos aspectos, tanto en la emisión y origen de los contaminantes. Pero fuera de las ciudades, históricamente, el tamaño de la Tierra ha sido lo suficientemente vasta para disipar la amenaza ambiental más grave [Kolstad, 2000]. Muchas veces hemos escuchado que existen factores no controlables por los gestores del agua, como pueden ser el crecimiento exponencial de zonas urbanas, el incremento de la pobreza y la carencia de acceso a la educación y a recursos económicos de gran parte de la misma [Dourojeanni, 2012].

Los impactos antropogénicos se agudizaron en la Revolución Industrial en el siglo XVIII. Ya que se implementó de los sistemas de energía basados en combustibles fósiles, y con ello, la capacidad humana para afectar al planeta. La tecnología del nuevo orden social aumentó la capacidad de extraer, consumir y producir, facilitando un enorme aumento de la población mundial, aprox. de mil millones de personas en 1800 a una proyección de nueve mil millones o más en 2050 [ONU, 2000], y un desplazamiento hacia las economías de mercado y flujos de información que han elevado las expectativas de estilo de vida en todo el mundo. El resultado es un aumento a nivel mundial, tanto en demandas totales y per capital para recursos de la Tierra, y en las consecuencias ambientales de la producción y el consumo para el funcionamiento de la misma [Steffen, 2005].

El gran tamaño de la población de nuestro mundo actual, así como el alto nivel de vida de los sectores de la población son los responsables de las presiones sobre el medio ambiente. Una economía más grande genera más contaminación, porque existen ciudadanos más ricos que suelen exigir mayores niveles de calidad ambiental. Y mientras el mundo se vuelve más poblado y más rico, las presiones aumentan de manera considerable. Esto no quiere decir que los problemas ambientales no pueden ser resueltos, sino que cada vez será más difícil de proteger el medio ambiente de la Tierra [Kolstad, 2000]. Siendo que las consecuencias son dinámicas y no lineales en la mayoría de sus casos. Pero si lo anterior actúa de manera sinérgica, y cada uno crece en proporción al tamaño de la población, entonces el efecto combinado de ambas tensiones pueden crecer más rápido que linealmente con el tamaño de la población cada vez mayor. Las sinergias pueden ser “buenas” o “malas”, para nosotros, dependiendo de si los efectos son útiles o perjudiciales. Por ejemplo: Si gastamos menos agua y la reciclamos, en es este caso es superior la suma de los beneficios que de cada uno por separado. [Harte, 1993; Harte, Torn, & Jensen,

³ Como en muchos otros países, el desarrollo de México ha sido esencialmente un proceso de uso desordenado en donde la energía, el agua y los bosques se han utilizado en forma desmedida para estimular el crecimiento [Tortajada, 2004].

1992]. El futuro estará caracterizado por una compleja interacción de cambios sistemáticos y acumulativos que interactúan entre sí, ya que las actividades humanas han evolucionado a partir de la insignificancia en comparación con el sistema de la Tierra y que desembocaron en una fuerza igual a las grandes fuerzas de la naturaleza [Steffen, 2005].

Dado lo anterior, es preciso contar con literatura en español sobre la problemática que estamos analizando, con textos que reconozcan las peculiaridades de los países en desarrollo, como el nuestro, y en consecuencia, la necesidad de proponer soluciones adecuadas a sus particulares condiciones ambientales, económicas y sociales. Esa literatura debe contribuir a que México pueda resolver el dilema complejo de desarrollarse aceleradamente a la vez que conservar sus recursos naturales. [Jiménez, 2001]

Así, el presente trabajo de investigación de tesis tiene los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Analizar los factores que influyen en la degradación del agua tanto a nivel nacional como internacional durante los últimos años.

Objetivos particulares:

Analizar la problemática de la degradación a nivel nacional e internacional.
Analizar la degradación nacional del agua por medio de análisis multivariado.

Estructura del trabajo.

Nuestro trabajo se conforma de cuatro capítulos, dentro del primero es brindar una perspectiva general de la calidad del agua, hacer mención de diversos casos en diversas partes del planeta; para el capítulo dos es mostrar dos aspectos que influyen como el marco legal y las instituciones que las aplican. Para el capítulo tres haremos una revisión teórica sobre las herramientas que tenemos disponibles para nuestro análisis. Y en el último capítulo analizaremos y discutiremos acerca de los resultados obtenidos en los anteriores apartados donde podremos dimensionar al problema que nos estamos enfrentando. Al final abordaremos las conclusiones, y además las recomendaciones con respecto a la problemática estudiada.

Tenemos la necesidad de hacer multidisciplinario nuestro enfoque, tal como lo hacen los investigadores de hoy y más los que estudian al ser vivo con su entorno social, económico, y cultural.

Casi toda la investigación relacionada con la influencia humana en el ciclo hidrológico, comprensiblemente, se ha centrado en agua líquida [Steffen,2005].

El estudio de la problemática del agua, como todo asunto relacionado al desarrollo sustentable, requiere de un enfoque, inter., multi y transdisciplinario [Wong, 2004].

Capítulo 1. El agua a nivel mundial.

1.1. Perspectiva general de la calidad del agua.

El agua ofrece muchos beneficios para todos los seres vivos que de alguna manera tenemos relación con ella, no sólo en el aspecto físico sino también como complemento de nuestro medio ambiente, y un sinnúmero de propiedades para todos los que tenemos un vínculo directo o indirecto. El agua – a diferencia del aire- tiene una composición precisa (H₂O) y, por lo tanto, es fácil identificar. La disponibilidad del agua depende no sólo de la cantidad, sino también de su calidad. Aunque haya agua, si está contaminada y se encuentran en una condición tal que sea acorde con el uso que se le quiere dar, su empleo se limita. Por ejemplo, en la antigüedad, la calidad del agua se calificaba sólo por su aspecto, sabor, color olor. Actualmente los avances científicos y tecnológicos han repercutido en el desarrollo de técnicas analíticas y procesos capaces de identificar y de remover una amplia lista de compuestos, a tal grado que es posible hacer agua “potable” mediante -la depuración del agua residual. Sin embargo, debido a su costo, tales conocimientos- no se aplican en forma común; más aún, no se plasman en políticas integrales de administración del agua que busquen:

- La conservación de recursos (agua superficial y subterránea),
- La preservación de su calidad, y,
- Su uso eficiente⁴ (reúso, ahorro y recirculación del agua) [Jiménez, 2001].

Por tal razón, los impactos humanos han alcanzado y el nivel de intensidad que no tiene precedentes en la historia de la Tierra. Sin embargo: la capacidad de seguir adecuadamente el progreso hacia la minimización de los impactos sobre los ambientes naturales y mejorar

⁴ Los tres objetivos primarios del manejo integrado de los recursos hídricos son: Promover la participación de los usuarios del agua en el proceso de toma de decisiones asociadas con el recurso, incluyendo aquéllas relacionadas con el recurso, incluyendo aquéllas relacionadas con el uso productivo del líquido y las formas de organización para su manejo; promover el uso eficiente del agua para incrementar su productividad; y administrar el agua para conservar la cantidad y la calidad de los recursos de agua dulce y para propiciar la sustentabilidad de los ecosistemas [Jacobo, 13].

el acceso de los seres humanos al agua potable depende de la disponibilidad de los datos. Por lo tanto, la calidad del agua tanto en la superficie y la cantidad de recursos y el agua subterránea es una actividad necesaria en todos los niveles de gobierno: local, nacional e internacional [UNEP, 2008]. Y es que la calidad⁵ y cantidad del agua están íntimamente ligadas, aunque no se suele medir de forma simultánea. La cantidad de agua se mide a menudo por medio de estaciones remotas de monitoreo hidrológico que registran el nivel del agua, la descarga y la velocidad⁶. La degradación de la calidad física y química del agua debido a la influencia humana es a menudo gradual, y las adaptaciones sutiles de los ecosistemas acuáticos a estos cambios no siempre puede ser fácilmente detectado hasta que un cambio dramático en las condiciones de los ecosistemas se produce⁷ [UNEP, 2008].

Por eso debemos de tener infraestructura para medir la calidad del agua y por ello tenemos estaciones de monitoreo⁸ y sus tipos son:

Estaciones de referencia. Estas se encuentran normalmente en las cabeceras de los lagos y tranquilos tramos de río aguas arriba [UNEP, 2008].

Las otras son estaciones de tendencias, se encuentran normalmente en las principales cuencas fluviales, lagos o acuíferos. Se utilizan para realizar un seguimiento a largo plazo los cambios en la calidad del agua relacionados con las fuentes de contaminación y usos de la tierra, para proporcionar una base para identificar las causas o influencias de las condiciones de medición o de las tendencias identificadas.

Las estaciones de tendencia están diseñadas para capturar los impactos humanos sobre la calidad del agua, el número de estaciones de tendencia es relativamente mayor que los otros tipos de estaciones, para cubrir la variedad de problemas de calidad de agua que enfrentan diversas cuencas.

⁵ Monitoreo de calidad del agua puede llevarse a cabo, hasta cierto punto, con una cantidad mínima de la intervención humana, una vez que una estación de monitoreo se ha establecido. Por el contrario, la calidad del agua es generalmente determinada por el análisis de muestras de agua recolectadas por equipos de personal que visitan las estaciones de control a intervalos regulares. Los costos asociados con el seguimiento de los muchos parámetros que influyen en la calidad del agua, en comparación con aquellos asociados con el seguimiento sólo unas pocas variables de calidad del agua, por lo general significa que el monitoreo de calidad del agua no se realiza con tanta frecuencia como el monitoreo del agua la cantidad. Sin embargo, los resultados del monitoreo de calidad del agua es vital para poder realizar un seguimiento de ambas tendencias espaciales y temporales en las aguas superficiales y subterráneas [UNEP, 2008].

⁶ Como un resultado de agua en el medio ambiente natural contiene muchas sustancias disueltas y no disueltas partículas. Las sales disueltas y los minerales son componentes necesarios de agua de buena calidad, ya que ayudan a mantener la salud y la vitalidad de los organismos que dependen del servicio de los ecosistemas. El agua también puede contener sustancias que son perjudiciales para la vida. Éstos incluyen metales como el mercurio, el plomo y el cadmio, pesticidas, toxinas orgánicas y contaminantes radioactivos [UNEP, 2008].

⁷ Por ejemplo, en muchos lagos poco profundos de Europa, el enriquecimiento progresivo de la superficie del agua con los nutrientes de las plantas, conocido como eutrofización se ha traducido en cambios de los sistemas que una vez fueron dominados por las plantas acuáticas enraizadas en los sistemas que ahora están dominados por las algas en suspensión en la columna de agua. El monitoreo regular de los componentes biológicos, físicos, químicos y de los ecosistemas acuáticos pueden servir para detectar situaciones extremas en las que se estira la capacidad de un ecosistema de volver a su estado normal más allá de su límite [UNEP, 2008].

⁸ Se utilizan para establecer las condiciones naturales de calidad del agua, para proporcionar una base para la comparación con tendencia y estaciones de flujo, y para determinar, a través de análisis de tendencias, la influencia de transporte a larga distancia de contaminantes y de los cambios climáticos [UNEP, 2008].

La mayoría de las estaciones de tendencia se encuentran en cuencas con una serie de actividades inductoras de la contaminación. Sin embargo, algunas estaciones pueden estar ubicadas en las cuencas individuales con las actividades dominantes. Algunas estaciones de tendencia también puede servir como globales estaciones fluviales de flujo. Estaciones de flujo se encuentra en la desembocadura de los ríos a medida que salen a la costa. Se utilizan para determinar los flujos anuales integrados de los contaminantes desde las cuencas de los ríos a los océanos o mares regionales, contribuyendo así a los ciclos geoquímicos. Para el cálculo de los flujos químicos, las mediciones de flujo de agua deben ser obtenidas en la ubicación de las estaciones de flujo global de los ríos.

La mala calidad del agua⁹ puede ser el resultado de procesos naturales, pero se asocia más frecuentemente con las actividades humanas y está estrechamente vinculada al desarrollo industrial. A pesar de las sustancias que pueden ser perjudiciales para la vida pueden tener origen natural o provocados por el hombre, la contribución de algunos productos químicos producidos por el hombre con el entorno natural muy eclipsa fuentes naturales. Durante la revolución industrial del siglo XIX, se contaminaron las aguas superficiales como consecuencia ocurrieron graves problemas de salud humana, incluidos los brotes de fiebre tifoidea y el cólera. Para mitigar estos problemas, los grandes centros urbanos comenzaron a desarrollar las redes de alcantarillado y las instalaciones de tratamiento de aguas, estas instalaciones siguen siendo instaladas y ampliadas para dar cabida a aumentos en la población humana. Sin embargo, el rápido crecimiento en algunas áreas urbanas, en particular en Asia y América Latina, ha superado la capacidad de algunos gobiernos para desarrollar y mantener las instalaciones de tratamiento¹⁰.

Además, la urbanización, el crecimiento de la población, y el aumento de las tasas de consumo han llevado al aumento de la extracción de recursos (minería y silvicultura), el procesamiento de materiales (fundición, fábricas de pulpa y papel, plantas de ensamblaje), y la demanda de energía (hidroeléctricas y embalses de centrales generatrices). También el cambio climático, la evolución de nuevos patógenos en el agua y el desarrollo y la utilización de nuevos productos químicos para aplicaciones industriales, agrícolas, domésticos, médicos y de uso personal han aumentado la preocupación, ya que tienen el potencial de alterar tanto la disponibilidad y calidad del agua. Todas estas actividades tienen un costo en términos de calidad del agua y la salud e integridad de los sistemas acuáticos [UNEP, 2008].

⁹ La degradación de la calidad del agua erosiona la disponibilidad de agua para los seres humanos y los ecosistemas, el aumento de los costos financieros para los usuarios humanos, y la disminución de la diversidad de especies y abundancia de las comunidades residentes. Estos cambios en la calidad del medio ambiente puede estar asociado con cambios en los parámetros de calidad del agua tales como la carga de sedimentos, las concentraciones de nutrientes, temperatura, niveles de oxígeno disuelto y pH. La adición de niveles excesivos de compuestos de origen natural o sintético, tales como aceites y grasas, pesticidas, mercurio y otros metales traza y no metálicos tóxicos pueden dañar la vida silvestre y las personas que dependen de estos recursos acuáticos [UNEP, 2008].

¹⁰ Desde la década de 1940, el desarrollo y producción de productos químicos sintéticos utilizados en la industria y la agricultura ha tenido profundos efectos en la calidad del agua en todo el mundo. La eutrofización de las aguas superficiales procedentes de desechos humanos y agrícolas, y la nitrificación de las aguas subterráneas de las prácticas agrícolas, han afectado a gran parte del mundo. La acidificación de las aguas superficiales por la contaminación del aire es un fenómeno relativamente reciente, y puede amenazar la vida acuática y el transporte a larga distancia de contaminantes en el aire es también una fuente significativa de la degradación de la calidad del agua en algunas zonas del mundo.

Una mejor comprensión científica de la interacción entre los procesos hidrológicos¹¹, químicos y biológicos en los ecosistemas acuáticos se puede utilizar para diseñar e implementar soluciones ecohidrológicas al uso del agua, el tratamiento y los problemas de extracción.

Algunos problemas con el agua se describen a continuación:

Sedimentación

Transporte de sedimentos en los resultados de los sistemas acuáticos de casi todo el uso humano de la tierra y las actividades industriales, entre ellos: la agricultura, la silvicultura, la urbanización, la minería, y algunas actividades industriales. La construcción de embalses también genera sedimentos y altera el régimen de sedimentación natural de los muchos cursos de agua: los sedimentos tienden a acumularse en los embalses y aguas abajo de los embalses los ecosistemas a menudo se agotan de los flujos de sedimentos naturales y lavado de ribera se incrementa [UNEP, 2008].

Muchos contaminantes orgánicos tóxicos, como plaguicidas o sus productos de degradación, se asocia fuertemente con limo, arcilla y carbono orgánico transportado por los ríos. Así, los sedimentos actúan como un agente en el proceso de eutrofización y toxicidad en los organismos acuáticos.¹²

El control de la cantidad de sedimentos y la calidad del debe ser un sistema de gestión integrada de operar en la escala de la cuenca del río, y teniendo en cuenta los múltiples entornos, así como los usos humanos múltiples. A pesar del reconocimiento de que la gestión integrada de los sedimentos es la mejor solución para el control de los problemas de sedimentación, es prácticamente nuevo en práctica. Las dificultades de estos enfoques se ven agravadas cuando los ríos cruzan geopolítica [UNEP, 2008].

La eutrofización.

Las causas de la carga de nutrientes, o la eutrofización de los ecosistemas acuáticos se pueden atribuir a la agricultura, la urbanización, la silvicultura, embalses, y los efluentes industriales. Aguas superficiales y subterráneas pueden ser igualmente afectadas por el enriquecimiento de nutrientes, como el agua enriquecida de nutrientes en la superficie puede filtrarse en las aguas subterráneas. La eutrofización puede conducir a cambios en la

¹¹ Ecohidrología es un concepto científico aplicado a la solución de problemas del medio ambiente. Sostiene que a través de la manipulación de las interacciones bióticas e hidrológicas en un paisaje, aumentando la resistencia de los ecosistemas a los cambios antropogénicos se puede lograr. Ecohidrología cuantifica y explica las relaciones entre los procesos hidrológicos y la dinámica bióticos en una escala de cuenca. El concepto se basa en el supuesto de que el desarrollo sostenible de los recursos hídricos depende de la capacidad de restaurar y mantener los procesos evolutivamente establecidos de los ciclos del agua y nutrientes y los flujos de energía a escala de cuenca [UNEP, 2008].

¹² Las altas cargas de sedimentos en las aguas superficiales también pueden aumentar la contaminación térmica al aumentar la absorción de la luz, lo que aumenta la temperatura del agua. Finalmente grandes cargas de sedimento puede poner en peligro las instalaciones de navegación y retención de agua por la sedimentación en cursos de agua y el llenado de los embalses por lo tanto necesidad de dragado costosos o acortar su vida útil [UNEP, 2008].

composición de la fauna acuática, en particular la desaparición de especies con altos requerimientos de oxígeno, por lo que la biodiversidad de las comunidades acuáticas se compromete a menudo en ambientes enriquecidos con nutrientes [UNEP, 2008].

Además, el nitrato en el agua potable se ha relacionado con problemas de salud humana tales como la metahemoglobinemia (síndrome del bebé azul) el cáncer de estómago y de los resultados negativos en la reproducción¹³ [UNEP, 2008].

La contaminación térmica.

La urbanización, la silvicultura, la agricultura, los embalses y los efluentes industriales pueden causar cambios en la temperatura del agua de superficie.¹⁴

Las altas temperaturas del agua afectan a la vida vegetal mediante el aumento de las tasas de crecimiento, resultando en una vida útil más corta y la sobreabundancia de especies [UNEP, 2008].

Acidificación.

El drenaje ácido de mina, las emisiones de efluentes industriales, y de la atmósfera de óxidos de azufre y nitrógeno son en gran parte responsables de la acidificación de las aguas superficiales. La mayoría de las aguas superficiales tienen un pH entre 6 y 8.5, y valores inferiores a seis puede ser peligrosa para la vida acuática. Los organismos acuáticos tienen diferentes tolerancias a las aguas ácidas y la diversidad de especies disminuirá a lo largo de la acidificación creciente. Organismos juveniles tienden a ser más sensible a las aguas ácidas: por ejemplo, a un pH de 5. La mayoría de los huevos de los peces no pueden eclosionar, mientras que sólo algunos peces adultos se verán afectados. Aguas ácidas también movilizan metales que pueden ser tóxicos para las especies acuáticas [UNEP, 2008].

La toxicidad de los metales puede causar la supervivencia reducida en los peces a través del estrés crónico, que altera la salud y disminuye la capacidad de que la persona afectada para conseguir socios de alimentos, refugio o reproducción [UNEP, 2008].

¹³ Por ejemplo, aunque las ciudades pueden poner en práctica avanzadas instalaciones de tratamiento de aguas residuales para eliminar el nitrógeno de los efluentes, el aumento de la deposición atmosférica de nitrato, en gran parte el resultado de la combustión del automóvil de los combustibles fósiles, puede producir un aumento de las concentraciones totales de nitrógeno [UNEP, 2008].

El aumento de la temperatura del agua debido al cambio climático o la contaminación térmica puede dar lugar a niveles más altos de especies de nitrógeno tóxicos, particularmente en aguas con pH alto [UNEP, 2008].

¹⁴ El aumento de la temperatura es muy importante para los organismos vivos, ya que afecta algunos de los procesos físicos y químicos básicos necesarios para la vida. Por ejemplo, la temperatura afecta el movimiento de moléculas, dinámica de fluidos, y las concentraciones de gases de la situación disueltos en el agua, y la tasa metabólica de los organismos. Por lo tanto, los cambios no estacionales en la temperatura pueden eliminar las especies que se adaptan al ciclo natural de la temperatura del agua que se encuentran en los sistemas de flujo libre. El aumento de la temperatura también afecta a los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua, que es inversamente proporcional a la temperatura, la reducción de la supervivencia de las especies sensibles al oxígeno [UNEP, 2008].

La contaminación microbiana.

La contaminación microbiana¹⁵ en las aguas continentales se origina principalmente de la agricultura y los usos de suelo urbano y, aunque la contaminación de un cuerpo de agua puede ocurrir en cualquier momento, la supervivencia de los contaminantes microbianos depende en gran medida de las condiciones físicas y químicas del agua.

Aguas superficiales y subterráneas pueden ser infectados con una variedad de patógenos, sin embargo, pruebas y seguimiento para todos los patógenos es poco realista, sobre todo debido a los costos de análisis y las dificultades técnicas en la detección de organismos a bajas concentraciones en ambientes complejos químicamente, como las aguas superficiales¹⁶[UNEP, 2008].

La salinización.

Aumentos antropogénicos en la salinidad y la conductividad eléctrica en las aguas superficiales se deben principalmente a las actividades de la agricultura, la urbanización y la industria.¹⁷

Condiciones tóxicas se crean cuando la composición iónica y de relaciones molares de las aguas receptoras no cumple con el rango de tolerancia fisiológica de los organismos residentes. El aumento de la salinidad en los ecosistemas acuáticos fomentará las especies halotolerantes a expensas de las especies halosensitivas (intolerantes a condiciones de salinidad). La toxicidad salina se asocia más frecuentemente con altos niveles de iones, pero hay situaciones en las que los efluentes contienen bajos niveles de iones, la creación de ambientes ionizados. La pérdida de biodiversidad debido a cambios en la salinidad puede afectar a los invertebrados, vertebrados, plantas acuáticas y vegetación ribereña por igual [UNEP, 2008].

Hay pérdidas económicas asociadas con la disminución del valor del agua que de otra manera podrían ser utilizados para las necesidades domésticas, agrícolas e industriales y, en

¹⁵ Por lo tanto, la contaminación microbiana en un cuerpo de agua a menudo parece ser episódica, coincidiendo con los períodos que son favorables para el crecimiento microbiano. Por ejemplo, grandes picos y episódica en el total de las concentraciones de coliformes se detectaron en tres estaciones de monitoreo en el río Ebro, España durante un período de muestreo de cinco años en la década de 1990. El riesgo de contaminación aumenta el costo del tratamiento y en algunos casos la pérdida del recurso ecosistema. Además, el tratamiento de los residuos de la explotación en el sitio puede aumentar el costo asociado a los productos agrícolas, el encarecimiento de los alimentos para el consumidor medio [UNEP, 2008].

¹⁶ “En lugar organismos indicadores se utilizan normalmente para detectar la presencia de contaminantes fecales en recurso agua. En particular, ya sea coliformes fecales totales se midieron como indicadores de microbios patógenos. En general, las bacterias coliformes fecales en las aguas superficiales aumenta con el tamaño de la población de las ciudades situadas aguas arriba de una estación de muestreo, como se representa en. Aunque muchas ciudades tienen avanzadas instalaciones de tratamiento de aguas residuales que reducen eficazmente las cargas de contaminantes microbianos a cerca de los valores cero, sigue habiendo una gran muy proporción de la población mundial, ante y en los países en desarrollo, sin acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento, donde las aguas residuales se descargan directamente al medio ambiente sin tratamiento” [UNEP, 2008, 47].

¹⁷ Por ejemplo, seguimiento a largo plazo de las tres cuencas de drenaje en el sur de África muestran tendencias opuestas en la conductividad eléctrica como resultado de actividades humanas. La conductividad en el drenaje de la cuenca del río Orange aumentó significativamente entre 1980 y 2004, como resultado del riego intensivo. [UNEP, 2008]

algunos casos, los países incurren en costos directos asociados con la salinización de las aguas continentales [UNEP, 2009].

Trazas de metales y el mercurio.

Los niveles elevados de metales traza en los sistemas acuáticos son el resultado de una serie de actividades de uso de la tierra como la agricultura, la urbanización, los embalses, la minería y las actividades industriales¹⁸.

Bioconcentración y la bioacumulación de estas sustancias en la cadena alimentaria puede poner a los consumidores terrestres, incluidos los humanos, en situación de riesgo. La exposición al mercurio puede causar toxicidad aguda, así como problemas neurológicos y reproductivos en la fauna silvestre¹⁹.

Plaguicidas

Los pesticidas se aplican con frecuencia en la agricultura, la silvicultura y el medio urbano. Hay decenas de miles de plaguicidas en uso, muchas de las cuales son producidas sintéticamente. Los plaguicidas se descomponen en el ambiente formando subproductos, algunas de las cuales son tóxicas, mientras que otros son relativamente no tóxicos.

Si los organismos²⁰ acuáticos no se vean perjudicados de inmediato, se pueden concentrar los productos químicos de su entorno en sus asuntos. Los efectos crónicos de estas sustancias sobre los organismos acuáticos incluyen las consecuencias de salud tales como cáncer, tumores, lesiones, la inhibición de la reproducción o de fracaso, el sistema inmunológico debilitado, los trastornos del sistema endócrino, el daño celular y del ADN, y deformidades [UNEP, 2008].

Otros no metálicos tóxicos.

La emisión a la atmósfera como resultado de la combustión incompleta de materiales durante los procesos de fabricación, la incineración de desechos e incendios accidentales produce sustancias químicas tóxicas como las dioxinas y los furanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos.

¹⁸ Los efectos de la deposición de metales traza no siempre se detectan cerca de la fuente original de contaminación: el transporte a larga distancia de contaminantes en áreas remotas ha llevado a preocupaciones con respecto a los metales traza en, por ejemplo, los ambientes árticos [UNEP, 2008].

¹⁹ Los efectos son más pronunciados en los niveles tróficos superiores. De particular preocupación son las especies que consumen grandes cantidades de peces, como las nutrias de río y aves que se alimentan de peces. En los seres humanos, la exposición prenatal a altos niveles de mercurio, especialmente en el pescado que comen las poblaciones se ha asociado con problemas de desarrollo relacionados con el sistema nervioso central [UNEP, 2008].

²⁰ Muchos pesticidas se han relacionado con problemas de salud en humanos y animales. Con la exposición directa se generan durante la preparación y aplicación de plaguicidas a los cultivos. Más frecuentemente, la exposición se produce cuando la ingesta de estos productos agroquímicos, mientras que consume alimentos contaminados. Las personas están expuestas a los plaguicidas a través de los sistemas acuáticos, ya sea por la ingestión de pescados o mariscos que se almacenan estos compuestos en sus asuntos, o directamente por beber agua contaminada. La exposición a plaguicidas se ha relacionado con el cáncer, daño neurológico, deficiencias del sistema inmunológico, y problemas con el sistema endócrino [UNEP, 2008].

Hay muchos tipos (de cientos a miles) de estas toxinas liberadas en el medio ambiente²¹ y que pueden tener efectos agudos o crónicos sobre la salud y el bienestar de los organismos acuáticos. Los efectos de las sustancias individuales son diversos, pero incluyen el cáncer, trastornos endócrinos, toxicidad para el desarrollo, alimentos dermatológicos, problemas cardiovasculares, diabetes, alteraciones genéticas hereditarias, enfermedades neurológicas y la inhibición de la reproducción. La calidad del agua podría verse afectada en un número de maneras y algunos efectos pueden ser beneficiosos, mientras que otros pueden ser perjudiciales tanto para el ecosistema acuático y para los seres humanos que dependen del sistema para su uso personal²² y el bienestar económico. El aumento de las temperaturas podría cambiar los límites entre los rangos de los organismos frescos y de agua fría aumenta el riesgo de extinción de las especies sensibles [UNEP, 2008].

Ecosistemas de agua dulce se encuentran en las depresiones del paisaje. En gran medida, la cantidad de agua depende del clima, geomorfología, cobertura del suelo y el grado de intervención humana dentro de una cuenca. La calidad del agua depende en gran medida de la densidad de las poblaciones humanas y sus actividades en un área. Los impactos antropogénicos en los ecosistemas de agua dulce tienen dos dimensiones principales: la extracción de agua para fines agrícolas, industriales y domésticas, a menudo sin ninguna consideración por las necesidades ecológicas, y la alteración química de la calidad del agua a través de emisiones de contaminantes procedentes de fuentes puntuales y que resultan de la degradación física de los paisajes o del medio ambiente.

Las cargas contaminantes pueden ser controladas por las tecnologías de ingeniería, pero estos no son aplicables para la restauración de paisajes degradados cuando la modificación de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos han tenido lugar debido a las intervenciones humanas. Biotecnologías de los ecosistemas son "de bajo costo, de alta tecnología", aplicaciones que proporcionan buenos resultados en la mejora de la calidad del agua para los costos de inversión relativamente bajos en comparación con las tecnologías de ingeniería, tales como plantas de tratamiento de agua [UNEP, 2008].

Los humedales²³ son sistemas naturales o artificiales, permanentes o periódicamente inundados, cubiertos por una gran variedad de vegetación natural o adaptada y muy eficiente en la remoción de contaminantes.

Es difícil obtener una visión global de la calidad del agua, ya que las diferentes naciones y la lucha de las regiones con diferentes presiones ambientales y la realidad de los limitados

²¹ Hay una tendencia a asociar los derrames de petróleo como la fuente principal de contaminación de hidrocarburos de los ecosistemas acuáticos. Gran parte del resto proviene de los efluentes industriales y, como resultado de la escurriencia urbana [UNEP, 2008].

²² Existe una creciente preocupación sobre los posibles efectos de los productos farmacéuticos y otros productos de cuidado personal que entran en aguas superficiales y subterráneas. Estas sustancias provienen de la industria, la agricultura y las actividades de médicos y del hogar e incluyen productos de uso común, como los cosméticos, detergentes y artículos de tocador, así como productos farmacéuticos, tales como analgésicos, tranquilizantes, antidepresivos, píldoras anticonceptivas, antibióticos, las terapias de reemplazo de estrógeno, y agentes de la quimioterapia [UNEP, 2008].

²³ Los sistemas naturales de los humedales actúan como reservorios con éxito el mantenimiento de vínculos biogeoquímicos e hidráulica entre el agua, de captación y la biota. Los sistemas construidos se utilizan para mejorar la calidad del agua como el paso final de las tecnologías de tratamiento convencionales para la purificación de aguas de mina municipales, industriales, agrícolas y residuos de drenaje ácido, así como para las aguas pluviales [UNEP, 2008].

recursos disponibles para la vigilancia y los programas dirigidos a remediar los sistemas degradados²⁴.

Monitoreo²⁵ de calidad del agua para la detección de tendencias, impactos y mejoras es más complicado, porque los temas de preocupación y los recursos disponibles están cambiando constantemente. El éxito de los esfuerzos locales, regionales y mundiales para reducir las tasas de la degradación de la calidad del agua sólo se puede medir de suficientes datos disponibles que permitan el seguimiento de las tendencias a lo largo del tiempo y el espacio. Por eso el futuro de la calidad del agua a escala local, regional y mundial depende de las inversiones de los individuos, las comunidades y los gobiernos en todos los niveles políticos para asegurar que los recursos hídricos están protegidos y gestionados de manera sostenible. Esto incluye no sólo soluciones tecnológicas a los problemas de calidad del agua, pero los cambios en el comportamiento humano mediante la educación y la creación de capacidad para conservar mejor los recursos acuáticos [UNEP, 2008].

Actualmente en los Estados Unidos, por lo menos seis departamentos federales y 20 agencias comparten responsabilidades para los diversos aspectos del ciclo hidrológico. La coordinación por un solo panel con miembros procedentes de cada departamento, o por la agencia central, se reconocen las diversas presiones sobre los sistemas de agua dulce y podría conducir al desarrollo de un plan nacional bien coordinado [UNEP, 2008].

Las poblaciones que han cultivado estrechas relaciones con las fuerzas naturales, de modo que han desarrollado un sentido de responsabilidad respecto a estas, pueden proporcionar valiosos modelos para la reflexión sobre nuestras propias creencias, valores y prácticas [Heyd, 2011].

Entre las tendencias de análisis sobre la antropología del clima están [Heyd, 2011]:

1. Aquellas que dan cuenta de las experiencias locales y cotidianas de clasificar, categorizar o predecir transformaciones del tiempo atmosférico y el clima a partir de indicadores bioclimáticos.
2. Las perspectivas que se centran en la influencia y los efectos de los cambios climáticos en las prácticas y el manejo ambiental, y las estrategias de adaptación.
3. Las propuestas de investigación relacionadas con los saberes locales y su articulación con los conocimientos científicos entorno al clima.
4. Los estudios que analizan la relación entre género y clima.
5. Los análisis sobre políticas globales y sus efectos locales los cuales exploran categorías y políticas como espacios de confrontación y poder, y se relacionan con movimientos de justicia climática.

²⁴ En muchas partes del mundo, las cargas de contaminantes de fuentes puntuales están bien controladas y la contaminación de los sistemas acuáticos se debe ahora sobre todo al transporte de fuentes no puntuales de contaminantes a través del paisaje y de la atmósfera [UNEP, 2008].

²⁵ Sudáfrica ha reconocido la necesidad de adaptar los programas a largo plazo de monitoreo de recursos hídricos para hacer frente a problemas como la salinización, eutrofización, contaminación de las amenazas a la biodiversidad y microbiana, además de un amplio programa nacional de monitoreo hidrológico [UNEP, 2008].

Al consolidarse una ecogobernanza climática articulada con una nueva geopolítica del conocimiento, los pobladores locales y sus percepciones culturales no están incluidos²⁶ [Ulloa, 2011]. Además de una buena gestión (gestión del agua se interpreta como el conjunto de actividades involucradas en su administración, manejo y control) sirve para controlar mejor, pero a veces está fragmentada y dispersa en muchas instituciones cuyas acciones carecen de coordinación.²⁷ También las tecnologías de conservación y uso eficiente del agua no han sido adecuadamente difundidas y no existen suficientes incentivos para la innovación [Jacobo, 2004]. Y es que la contaminación del agua ha sido tradicionalmente el resultado de la materia orgánica depositada en los ríos o lagos. Los residuos orgánicos es problemático, ya que necesita oxígeno para descomponerse. Así, una de las medidas de la cantidad de contaminación o es la demanda biológica de oxígeno²⁸ [Kolstad, 2000].

1.2 Casos relevantes de degradación del agua a nivel mundial.

El interés global en los aspectos ambientales y sociales en el mundo surgió a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano organizada en Estocolmo en 1972. En aquel entonces, solamente 11 países contaban con instituciones que consideraran los aspectos ambientales. En 1992, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, casi todos los países miembros de las Naciones Unidas habían establecido mecanismos institucionales responsables de manejar los aspectos ambientales a nivel nacional [Tortajada, 2004]. El conjunto de transformaciones políticas, económicas y sociales que se han ido produciendo en nuestra sociedad, ha implicado importantes cambios demográficos y territoriales (migraciones, grandes aglomeraciones urbanas, industrialización, nuevos usos agrarios, etc.) que fueron afectaron fuertemente los usos del agua, siendo este un recurso sometido a cada vez más presiones por parte de los diversos actores sociales que inciden en su uso y gestión. Todo ello ha impactado sobre la cantidad y calidad de los recursos de aguas existentes, lo cual se expresa hoy en importantes problemas de contaminación y daños en los ecosistemas, además de serios conflictos sociales por su uso y conservación [Isuani, 2011].

Sin embargo, más de 10 años después de la Conferencia de la Tierra en río de Janeiro en 1992, la continua degradación ambiental mundial sugiere que muchos países aún no han

²⁶ Estas dimensiones de lo político evidencian la variedad de enfoques y las redes interdisciplinarias que se están tejiendo entre la antropología y otras disciplinas, las cuales analizan las articulaciones entre cultura, poder y ambiente [Ulloa, 2011].

Estas aproximaciones requieren nuevas miradas a los conocimientos académicos, locales y parciales, de análisis de las relaciones de poder, contextualizaciones históricas de la variabilidad individual y grupal en la relación con la naturaleza y el clima, el manejo ambiental y la producción de dichos conocimientos, lo que permitirá entender los nuevos escenarios de negociación, resignificación y conflictos entre significados en torno a las transformaciones climáticas [Ulloa, 2011].

²⁷ Cada vez con mayor frecuencia, las zonas inundables de los ríos son invadidas por asentamientos irregulares que sufren devastaciones cuando suceden avenidas descontroladas [Jacobo, 2009].

²⁸ El oxígeno es, por supuesto, necesario para los peces para sobrevivir. Por tanto, si tiene una DQO alta se convierte en agotamiento de oxígeno y la masa de agua ya no puede soportar mucho en el camino de la vida.

logrado desarrollar y aplicar políticas públicas adecuadas que hayan conjuntado los aspectos ambientales con los económicos y sociales [Tortajada, 2004].

En relación con los problemas vinculados con los recursos naturales, en particular aquellos relacionados con los recursos hídricos, se ve involucrado un conjunto amplio de actores sociales reconocibles e identificables que tienen diversos grados de incidencia en sus causas y soluciones: el Estado (nacional, provincial y municipal), diversos grupos poblacionales, industrias, explotaciones agropecuarias, empresas de servicios y ONG [Isuani, 2011].

Muchas veces, esta gestión deficiente ha contribuido a aumentar los niveles de pobreza y a deteriorar aún más la calidad de vida de los habitantes, principalmente en cuanto a salud. A pesar de varias conferencias globales, se pueden observar pocos avances reales en el manejo de los recursos naturales, tanto a nivel nacional como nivel internacional. De hecho: una de las conclusiones de la Conferencia Bonn en diciembre de 2001, previa a la Cumbre de la Tierra en Johannesburgo constata que:

“La Conferencia de las Naciones Unidas en Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, y de la Conferencia en Dublín, así como años después de las conferencias mundiales en París y La Haya, hay todavía la necesidad de un mayor compromiso de los gobiernos del mundo para implementar los principios acordados en relación con los recursos hídricos...A pesar de que los gobiernos han acordado implementar nacionalmente los principios acordados internacionalmente, existe una brecha cada vez mayor entre la teoría y la práctica...”[Tortajada, 2004].

Durante las tres últimas décadas, se propagó entre los expertos hídricos de toda América Latina²⁹ el reconocimiento de que es necesario pensar en nuevos modelos para la gestión de los recursos hídricos. Tal reconocimiento, tanto por una percepción de la degradación creciente de los recursos como por una insatisfacción con los modelos y prácticas de gestión preexistentes, se tradujo a lo largo de todo el continente en la discusión, formulación y eventual aprobación de un nuevo marco normativo para la política hídrica [Gutiérrez, 2011].

A continuación mostraremos un ejemplo:

Evaluación espacial de la calidad del agua subterránea en la cuenca del Mamundiyar, Tamil Nadu, India, en el artículo de Miran Ahmad Dar (2011) , se analizaron diversas muestras para estudiar la calidad del agua, se analizó la conductividad eléctrica, pH, sólidos totales disueltos, principales cationes como el calcio, magnesio, sodio y potasio y aniones como el bicarbonato, carbonato, cloruro, nitrato, y sulfato, en el laboratorio mediante los métodos estándar dado por la Asociación Americana de Salud Pública. Los resultados fueron

²⁹ Muchos países de América Latina y el Caribe se encuentra en proceso de elaboración de nuevas leyes de aguas o de modificación de las existentes. Uno de los temas centrales en los debates que se están realizando para avanzar en este proceso de reformas, es el diseño institucional del sistema administrativo de gestión de los recursos hídricos. Invariablemente, los sucesivos diagnósticos de administración del agua en los países de la región concluyen que estos sistemas se caracterizan por un enfoque esencialmente sectorial [Saldívar, 2007].

evaluados de acuerdo con los estándares de calidad del agua potable dados por la Organización Mundial de la Salud [Dar, 2011], que aparecen en el siguiente cuadro,

| Tabla 1.1 Número y porcentaje de muestras que exceden los límites permitidos por la OMS (1993) | | | | | | |
|---|----------|-----------------------|----------------------------|--|--|-----------------------------|
| Parámetros de la calidad del agua | Unidades | OMS (1993) | | Número de muestras que exceden los límites permisibles | Número de muestras que exceden los límites permisibles | Efectos indeseables |
| | | Límites más deseables | Límites máximos permitidos | | | |
| PH | | 6.5-8.5 | 9.2 | 0 | 0 | Probar |
| Ca ²⁺ | mg/l | 75 | 200 | 0 | 0 | |
| Mg ²⁺ | mg/l | 50 | 150 | 3 | 10 | |
| Na ⁺ | mg/l | | 200 | 8 | 26.7 | Información a gran escala |
| K ⁺ | mg/l | | 12 | 13 | 43.4 | Sabor amargo |
| Cl ⁻ | mg/l | 200 | 600 | 6 | 20 | Sabor salado |
| SO ₄ ²⁻ | mg/l | 200 | 400 | 0 | | Laxante eficaz |
| NO ₂ +NO ₃ | mg/l | 45 | | 3 | 10 | Depresión |
| Sólidos totales disueltos | mg/l | 500 | 1,500 | 8 | 26.7 | Irritación gastrointestinal |

Fuente: DAR, I.A., Santar, K. , & Dar, M.A. (2011).

Tenemos conocimiento esencial de la hidroquímica para determinar el origen de la composición química del agua subterránea [Dar, 2011].

La investigación demostró que el agua subterránea del área de estudio es principalmente de naturaleza alcalina (en el centro, con un valor promedio de concentración 164.83 mg/l) y que el agua ácida se limita a la parte oriental y la concentración de nitratos se debe a la intensa urbanización y la industrialización [Dar, 2011].

La presencia de altos valores de conductividad eléctrica en el área de estudio refleja la adición de algunas sales a través de la actividad agrícola predominante. Las aguas subterráneas de la zona es el agua dulce hasta el 56,7% de los puntos de muestreo y el resto de las muestras representa el agua salobre. El estudio mostró que sólo el 40% de la muestra es inferior a 500 ml/l de sólidos totales disueltos que se puede utilizar para beber sin ningún riesgo. Mayor contenido de sólidos totales disueltos se puede atribuir a la contribución de las sales del espeso manto de tierra y los medios de comunicación de la roca erosionada y además debido al tiempo de residencia mayor de las aguas subterráneas en contacto con el cuerpo del acuífero, y porcentajes de más de dieciséis (16.7%) de las muestras de agua

subterránea son permisibles para el riego en casi todos los tipos de suelo con poco peligro de sodio intercambiable [Dar, 2011].

El hecho es que, en términos generales, pocos países en el mundo cuentan con una infraestructura adecuada para evaluar correctamente los múltiples problemas vinculados con la calidad del agua y por consiguiente para afrontar exitosamente sus problemas a este nivel.

1.3 Aspectos internacionales.

Eventos realizados por organismos internacionales preocupados por el agua.

| Tabla 1.2. Eventos importantes sobre el agua. | | |
|---|------------------|------------|
| <i>Evento</i> | <i>Lugar</i> | <i>Año</i> |
| Conferencia de la ONU sobre el Agua | Mar del Plata | 1977 |
| Conferencia de Dublín | Dublín | 1991 |
| Conferencia de la ONU sobre Desarrollo y Medio Ambiente | Rio de Janeiro | 1992 |
| Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce | Bonn | 2001 |
| Segunda Cumbre de la Tierra | Johannesburgo | 2002 |
| Primer Foro sobre el Agua | Marrakech | 1977 |
| Segundo Foro sobre el Agua | La Haya | 2000 |
| Foro del Agua para las Américas en el Siglo XXI | Ciudad de México | 2002 |
| III Foro Mundial del Agua | Kioto | 2003 |
| IV Foro Mundial del Agua | Ciudad de México | 2006 |
| Fuente: Saldívar, 2007 | | |

El enfoque hidrodipomático explora primero las causas del estrés ambiental, al establecer relaciones causales entre los factores que reducen la oferta del recurso: deforestación, erosión, pérdida de la biodiversidad, incendios forestales , cambio climático, contaminación del aire y desertificación , y aquellos que aumentan la demanda: crecimiento poblacional, urbanización , industrialización , agricultura agroempresarial, desperdicio del agua e inadecuado manejo de la cuenca y de aguas servidas³⁰ [Oswald , 2006].

A raíz de la conferencia de la ONU en Estocolmo, a partir de 1972 surgieron los primeros intentos de definir el concepto de seguridad humana. Este esfuerzo se consolidó en 1996, cuando el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) definió seguridad humana como “protección ante amenazas de enfermedades, hambre, desempleo, crimen, conflictos sociales, represión política y peligros ambientales” [Oswald, 2006].

³⁰ Este enfoque promueve un manejo integral, donde un manejo riguroso de los recursos naturales, desde la cabeza de cuenca hasta la desembocadura, modelo de cooperación entre los distintos usuarios –sean países, sectores productivos o grupos sociales – e innovaciones tecnológicas facilitarían resolver holísticamente los problemas [Oswald , 2006].

Esta síntesis reivindica los derechos humanos, entendidos globalmente como el derecho a la vida. Incluye los derechos de primera, segundo y tercera generación aceptados por los institucionales multilaterales y ha propiciado un marco legal global y principios éticos de referencia en todo el mundo. Con la Cumbre por la Tierra en Río, Brasil, y la de Johannesburgo, en África del Sur, se ha consolidado la política de sustentabilidad, al ampliar la equidad intergeneracional -superación de la pobreza, precisada en las Metas de Desarrollo del Milenio (MDM) [ONU, 2000]- hacia la equidad intergeneracional –dejar a las generaciones futuras los recursos naturales, de tal que se puedan desarrollar plenamente y de acuerdo con sus necesidades. Especial énfasis se ha puesto en el manejo del agua, no sólo en términos técnicos, sino también sociales y éticos [Oswald, 2006].

Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y el Banco Mundial, el sector hídrico en México ha sido uno de los más resistentes al cambio, en parte tal vez por las complejas relaciones entre los tres niveles de gobierno. Una de las consecuencias ha sido que los servicios de agua potable y saneamiento en zonas urbanas son todavía inadecuados. [Tortajada, 2004].

Expertos del todo el mundo –en su gran mayoría pertenecientes a, o designados por, organismos públicos- participaron de la Conferencia de Dublín en enero de 1992, como corolario de la conferencia, los participantes emitieron la Declaración de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sustentable conteniendo cuatro principios, pero el más importante es:

El agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Siendo que el agua sostiene la vida, la gestión efectiva de los recursos demanda un enfoque holístico que vincule el desarrollo económico y social con la protección de los ecosistemas naturales. La gestión efectiva vincula los usos del agua y del suelo a través del área de captación o acuífero subterráneo en su totalidad [Gutiérrez, 2011].

La mega cumbre de Johannesburgo reafirmó que uno de los objetivos generales consiste en que todos los habitantes del mundo actual tengan acceso a un suministro adecuado de agua salubre, a la vez que se preserve la cantidad y la calidad del recurso de modo que se sostenga las funciones básicas del ecosistema y se garantice su existencia a las generaciones futuras [Saldívar 2007].

La Unión Europea (UE) señala que en los países en desarrollo cerca de 90% de las aguas residuales no reciben tratamiento, agregando que los problemas de la pobreza son complejos y multidimensionales [Saldívar 2007].

Sin embargo, a la vuelta de varios años de la Cumbre del Milenio existe una sensación de frustración ya que cada vez es más claro que las metas del milenio en materia de saneamiento y agua potable no se están cumpliendo prácticamente en ningún país del mundo [Saldívar, 2007].

La Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas (2002) resume un enfoque exhaustivo e integrado aplicable a todos los aspectos de la gestión de los recursos hídricos y a todos los usos del agua. El mensaje básico de la orientación normativa es la preparación

de estrategias basadas en los principios subyacentes de la gestión integrada de los recursos hídricos. Por otra parte, las acciones esenciales que se habrán de realizar se centran en la oferta y el saneamiento del agua, su gestión fronteriza y la coordinación e integración transectoriales [Saldívar, 2007].

La Unión Europea en un estudio (Comisión de las Comunidades Europeas 2002) señalaba la importancia de sensibilizar a todos los afectados para asegurarse de que reconozcan el valor del agua en todas sus dimensiones (económica, social, cultural, sanitaria y medioambiental). Un mejor entendimiento de las presiones que sufren los recursos hídricos y de las consecuencias sobre el agua de comportamientos irresponsables y peligrosos mejorará la motivación para que se haga una gestión más eficaz del agua y ayudará a definir normas sociales adaptadas a una situación cambiante. Los usuarios han de comprender que el derecho de usar el agua conlleva responsabilidades de uso sostenible y reutilización [Saldívar, 2007].

En el II Foro Mundial del Agua celebrado en el año 2000 en Holanda y en el III Foro Mundial del Agua organizado en Japón, se señaló como una de las conclusiones la importancia de tener una visión compartida en el manejo del agua como elemento indispensable para una gestión eficiente³¹ [García León, 2004].

Un país con casi dos millones de kilómetros cuadrados requiere que las necesidades y los problemas se resuelvan en el nivel de competencia más próximo a donde estos se generan [García León, 2004].

Con relación a los recursos humanos, se carece de perfiles idóneos para cubrir los puestos específicos de administración del agua, esto trae como consecuencia que se haga lo que se pueda, más no lo que se deba. Conagua no se preparó para ser un organismo administrador, ya que nació y creció realizando infraestructura hidráulica, situación que ha dejado de ser una prioridad. Sin embargo, los recursos humanos continuaron con un perfil que no cubre con las necesidades para recaudar los derechos, realizar visitas de inspección y medición, otorgar seguridad pública en materia de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, llevar a cabo los procedimientos administrativos que se instrumentan en contra de aquellos que incumplan la ley. Esta deficiencia de perfiles ocasiona incapacidad de la autoridad para ejercer su potestad [García León, 2004].

Unión Europea

Enfoque reglamentario.

³¹ En México esta premisa no se cumple y es evidente que la mala gestión del recurso del agua en México se debe principalmente a una falta de entendimiento de la realidad por parte de la autoridad y ahora también del Poder Legislativo. Está claro que la autoridad en materia y los legisladores no han querido cambiar esa visión egocéntrica, apoyada por ese viejo modelo piramidal y de excesivo centralismo imperante que ha sido rebasado por la realidad con pobres resultados para nuestro país y para las instituciones que han manejado el agua en México en los últimos 20 años [García León, 2004].

La confederación de la situación europea que comenzó en la década de 1950 como una organización para promover el comercio de carbón y el acero se ha convertido en un sistema federal de países independientes, que continuamente está cediendo más y más poder al gobierno central³².

Hay varios principios básicos que parecen estar presentes en la política de la UE del medio ambiente. Uno de ellos es el principio de subsidiariedad. El principio deja a todos los poderes a los Estados miembros individuales, a menos que exista una razón permanente para tomar medidas a nivel europeo. Por lo tanto el control de la mayoría de la contaminación, por lo menos de la contaminación que se mantiene dentro de un Estado miembro, el mundo parece estar totalmente la responsabilidad del Estado miembro, no un problema que debe abordarse en el ámbito de la Unión. Sin embargo, debido a diferencias en las regulaciones de contaminación de un estado a otro puede influir en la ventaja comparativa dentro de la Unión, la división de poderes no es tan sencilla. Otro principio es "el que contamina paga". Esto significa que los contaminadores deben pagar por el daño ambiental, controles ambientales, y la administración de los organismos ambientales [Kolstad, 2000].

La política de la UE en relación con el medio ambiente se lleva a cabo hasta alcanzar las reglamentaciones de lo que se conoce como directivas. Una directiva de la UE es una "ley" que es vinculante para los gobiernos de los países miembros, que requiere que cada gobierno para aprobar su propia legislación para aplicar la directiva. Una de las directivas más ampliamente notado (por lo menos fuera de la UE) fue la directiva de 1988 que estableció los controles de emisiones de azufre sucesivamente para las grandes estaciones generadoras de electricidad. El impulso para la acción a nivel de la UE era el problema de la lluvia ácida y la deposición ácida, que son los problemas de contaminación que no respetan las fronteras nacionales. La directiva es muy específica en cuanto a la cantidad de emisiones pueden provenir de nuevas plantas de energía, de hecho, la Directiva se especifica la tecnología de control de la contaminación para ser utilizado en la mayoría de las nuevas centrales eléctricas. Una parte interesante de la Directiva era el establecimiento de topes en los países sobre las emisiones de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre de los anteriores a 1987 plantas de energía (esto fue para hacer frente a la lluvia ácida y la deposición ácida). Pero como con todas las directivas, los países miembros están obligados a aprobar leyes para aplicar la Directiva. En el caso de límites a las emisiones, cada país debe determinar la mejor manera de controlar las plantas existentes para satisfacer este límite [Kolstad, 2000].

Debido a que la legislación de control de contaminación en la mayoría de los Estados miembros de la data de la década de 1970 (y antes), cuando se cuenta mucho menos en el ámbito de la Unión, el acercamiento a las tendencias de control de la contaminación que

³² A modo de ejemplo, la política monetaria se ha hecho tradicionalmente sobre una base país por país por los bancos centrales. Sin embargo, a partir de 1999, la mayoría de los países miembros se entregó la política monetaria a un Banco único Banco Europeo, con el fin de unificar las monedas europeas. El equilibrio de poder entre la Unión Europea (UE) y sus Estados miembros parece ser en constante evolución. En este sentido, la UE es en gran medida un trabajo en progreso. [Kolstad, 2000].

varían de país a país. En lugar de revisar las regulaciones de cada país en particular, mencionaremos brevemente algunos de los enfoques de la regulación de la contaminación utilizado en un país miembro, el Reino Unido. En 1863, la Ley Alkali se convirtió en ley con el propósito expreso de controlar estas emisiones. La innovación de la Ley Alkali fue la creación de la curiosamente llamada Inspección de álcali, un conjunto de expertos con el poder de control de emisiones mandato. La Inspección Alkali con el tiempo se transformó en Inspección de Su Majestad de la Contaminación en la década de 1970 que fue absorbida posteriormente en el Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones. La Inspección de álcali se permite sólo para regular ciertas "difíciles" los procesos de contaminación - "procesos programados".

El Reino Unido no es un sistema federal, existen diferentes niveles de gobierno, que van desde el local al nacional. En el área ambiental, hay diferencias claras con respecto a las responsabilidades que residen en el ámbito local y que a nivel nacional. A medida que la discusión de la Inspección indica alcalino, ciertas fuentes regulares de contaminación son objeto de control a nivel nacional. Por lo general son las fuentes de contaminación que son los más difíciles de controlar. Las pequeñas fuentes de escala de la contaminación, incluidos los residuos sólidos municipales, son por lo general la responsabilidad de las autoridades locales. Regulación de la contaminación del agua es responsabilidad de la Autoridad Nacional de Ríos, aunque este organismo se ha fusionado en la Agencia de Medio Ambiente dentro del Departamento de Medio Ambiente, Transporte y las Regiones. El enfoque normativo es similar a la utilizada para el control de la contaminación del aire en el que los contaminadores deben registrarse, y al hacerlo están sujetos a los requisitos relativos a la tecnología de control de la contaminación.³³

Una distinción con frecuencia hecho en la discusión de los cargos europeos de emisión se encuentra entre la recaudación de ingresos y gastos basadas en incentivos. Hay un gran número de cargas en la mayoría de los países de la UE relacionados con las descargas de contaminación. Sin embargo, la mayoría de estas acusaciones parecen estar en un nivel demasiado bajo para proporcionar los incentivos serios para reducir la contaminación. Su propósito principal es generar fondos para operar a los organismos administrativos que supervisan la regulación de la contaminación.

Uno de los incentivos en la UE es el responsable de Contaminación del Agua alemán, instituido en 1976 y ejecutado en 1981. El cargo se establece (incluyendo el nivel de la tasa) a nivel federal (nacional).³⁴ También tiene una forma de un sistema de permisos negociables para las ciudades con la contaminación que exceden los límites permitidos. Las nuevas empresas se les permiten a estas ciudades si se puede demostrar que los niveles de contaminación se reducirán³⁵ [Kolstad, 2000].

³³ El uso de incentivos económicos. Hay una historia más larga de la utilización de incentivos económicos en la UE a continuación, en la mayoría de otras partes del mundo. En Europa, la cuota de emisión es el tipo predominante de incentivo económico.

³⁴ Se deja a los estados de Alemania (Lander) para aplicar y hacer cumplir la cuota. Sin embargo, no está claro cuánta contaminación se ha reducido como resultado de la cuota [OCDE, 1989].

³⁵ Otro cargo que parece tener algunos efectos de los incentivos es la carga holandés en la descarga de materia orgánica en los sistemas de alcantarillado. El problema era cómo pagar por las instalaciones de tratamiento de agua necesarias para mejorar la calidad del río. Algo lógico, las partes que utilizan el sistema se cobrarán una cuota, y la tarifa se basa en la

Como complemento se puede mencionar a la Directiva Marco del Agua (DMA) dicha norma del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea por la que se establece un marco de actuación comunitario en el ámbito de la política de aguas con la vocación de garantizar la protección de las aguas y promover un uso sostenible que garantice la disponibilidad del recurso natural a largo plazo. Teniendo como propósito ambiental claro: para el año 2015 debe de haberse alcanzado el buen estado de los ecosistemas acuáticos de todos los países de la Unión, para lo cual será preciso desarrollar y aplicar planes de gestión que garanticen este objetivo. La Estrategia Común de Implantación, se centra en cuatro actividades:

1. Intercambio de información.
2. Desarrollo de guías técnicas.
3. Información y gestión de datos.
4. Aplicación, ensayo y validación.

Cabe indicar que la DMA establece la "demarcación hidrográfica" como unidad principal a efectos de gestión, definida como la zona marítima y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas así como las aguas subterráneas y costeras asociadas.

Estados Unidos de América.

Enfoque reglamentario. Los Estados Unidos es un sistema federal con algunas facultades y se ejerce a nivel nacional y de algunos poderes que residen en el ámbito del Estado. Aunque la legislación de protección del medio ambiente se remonta al siglo XIX o antes (como en muchos países), sustantivo y fundamental la legislación ambiental nacional fue aprobada por primera vez en la década de 1960.

El post-II Guerra Mundial vio un rápido crecimiento en la economía de EE.UU., junto con una creciente presión sobre el medio ambiente sobre su calidad, debido al aumento de la renta per cápita y la demanda de la calidad del medio ambiente. California adoptó medidas en la década de 1960 para establecer normas de emisión para los automóviles. Esta fue seguida rápidamente por la legislación nacional que obliga a fabricantes a instalar dispositivos anticontaminantes algunos de los coches nuevos y, finalmente, a cumplir con los límites cada vez más estrictas sobre las emisiones de contaminantes particulares por milla recorrida.

Debido a la amplia variedad de condiciones locales que participan en la regulación de las fuentes existentes de contaminación, el enfoque adoptado era dejar que los estados decidan la mejor manera de limpiar las fuentes de contaminación que existían en la legislación ambiental fue el tiempo pasado. El Gobierno Federal promulgará las metas de calidad ambiental, los estados que la construcción de "planes" para el control de contaminantes por

carga de las fuentes que poner en el centro de tratamiento. Por lo tanto la motivación legislativa parece ser simplemente la recaudación de ingresos. Sin embargo, análisis posteriores del programa sugieren que la alimentación tenía un efecto muy significativo en la reducción de los vertidos de materia orgánica de la industria [Kolstad, 2000].

lo que las metas federales se pudieron cumplir. Estas plantas ("Planes de Implantación por el Estado") estaban sujetas a la aprobación del gobierno federal. (Contaminantes peligrosos, como desechos químicos y rastrear los metales pesados, están regulados de manera diferente.) Los Estados son libres de aplicar normas más estrictas que los dictados por el gobierno federal.

Nuevas fuentes de contaminación están reguladas de manera diferente que los viejos recursos. Uno de los temores era que las ciudades o estados individuales se relajan las normas ambientales para atraer negocios y empleos. Para reducir esta posibilidad, las normas de emisión para nuevas fuentes de contaminación se establecieron a nivel nacional, sin tener en cuenta la ubicación. La Agencia de Protección Ambiental (EPA, establecida en 1970) se promulga la industria por la industria de los requisitos de control de emisión de nuevas fuentes. De esta manera, las preocupaciones sobre las regulaciones ambientales serían eliminadas de la decisión de ubicación de la fábrica. La Ley de Calidad del Agua de 1965 y las Enmiendas a la Ley de Aire Limpio de 1970 sigue este enfoque de la regulación. Con los años se han producido algunos cambios, pero el patrón general es el mismo: las metas de contaminación del ambiente se establecen a nivel nacional, nuevas fuentes de contaminación están sujetas a las normas de emisión a nivel nacional uniforme, mientras que las agencias reguladoras locales supervisan las fuentes de contaminación existentes, con un cantidad significativa de supervisión desde el nivel nacional.

El uso de la tierra se rige por los gobiernos locales para algunos usos y por el gobierno federal para otros usos. El uso agrícola de las tierras con problemas de pérdida de suelo y la contaminación de la escorrentía se rige por el Departamento de Agricultura Federal. El Departamento de Agricultura exige a los agricultores que reciben subsidios para presentar las plantas de conservación de suelos. La conversión de los humedales de las tierras secas se rige por una mezcla de federales, estatales y leyes locales. Sin embargo, en su mayor parte, el uso local de la tierra es controlada por los gobiernos locales con las leyes locales de zonificación, con la supervisión por parte del gobierno federal, a excepción de la protección constitucional federal que la tierra privada no puede ser tomada por el gobierno sin el pago de una indemnización. Por esta razón, la medida en que las preocupaciones ambientales o estéticos entrar en las decisiones locales de uso de la tierra varía ampliamente a lo largo del país³⁶.

Los pesticidas son otra categoría importante de sustancias tóxicas, aunque estrictamente hablando no son desechos tóxicos, sino que son introducidas intencionalmente en el medio ambiente para controlar las malezas, insectos, roedores, hongos u otras plagas. Esto no incluye los productos químicos que son introducidas intencionalmente en los alimentos (como los colorantes), que se regulan por separado por la Administración de Alimentos.

³⁶ En los últimos años la Ley Federal de Especies en Peligro en ocasiones ha tenido un impacto importante sobre algunos usos del suelo local. La ley protege a las especies de animales y plantas que el gobierno federal ha declarado en peligro de extinción o amenazadas. En ciertas partes del país, esta ley de vez en cuando se interpone en el camino de la conversión de terrenos baldíos (hábitat de especies en peligro de extinción) en zonas de la cubierta o el desarrollo comercial. Existe cierto debate sobre si las restricciones de la Ley sobre tierras de propiedad privada constituyen una "toma" que exige una compensación [Kolstad, 2000].

Aunque existen varias leyes que regulan los pesticidas, la mayoría de los pesticidas (insecticidas y herbicidas) se controlan de una manera muy simple y directa de la Agencia para la Protección del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), la EPA sólo certifica la etiqueta y las instrucciones que se adjuntan en el contenedor antes de ser vendida. La etiqueta va a ser muy específica, por ejemplo, llamando para el uso en plantas de fresa a una tasa de aplicación que no exceda de X mililitros, diluidas en Y litros de agua, por hectárea de cultivo. La etiqueta también puede requerir la aplicación por personal certificado. Gran parte de la supervisión de la APA consiste en calcular la cantidad de un plaguicida residual que va a terminar en el suministro de alimentos, si las instrucciones de la etiqueta se siguen, a continuación, lo que una persona normal se ingiere, y si eso constituye un peligro para la salud.

Un gran vacío en la discusión anterior es que se controla a los reguladores. En concreto, cuando el gobierno federal lleva a cabo acciones que tienen consecuencias ambientales. En gran parte, es el Consejo Nacional de Política Ambiental (CNPA), que se aplica en estos casos. Siempre que un proyecto (como la construcción de una represa) implica una acción federal, la CNPA requiere la preparación de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), antes de que el proyecto se aprobara. Una MIA (EIS por sus siglas en inglés) examina las consecuencias ambientales del proyecto, así como la conveniencia de las alternativas al proyecto o con otras medidas que podrían aminorar el daño ambiental. Aunque estrictamente hablando, este proceso no es un reglamento, que tiende a llevar a los problemas de atención al público que puedan surgir en la búsqueda de una acción federal. Si las consecuencias son tan graves, que suele ser suficiente para detener el proyecto, o hacer que se modificó significativamente [Kolstad, 2000].

Muchos de los componentes de costo potencialmente omitido de esta medida, tales como cambios en los procesos son inducidos por las regulaciones ambientales, el costo de funcionamiento de la burocracia que administra las leyes ambientales en los Estados Unidos, costos indirectos, costos de control de la contaminación de los automóviles o los asociados a tener que utilizar productos que respeten el medio ambiente, pero de inferior calidad en otros aspectos, y el de la sociedad del daño residual de los contaminantes que emiten, incluso después de los controles que se han puesto en marcha [Kolstad, 2000].

El costo de la regulación del medio ambiente aún no se ha enfrentado en serio como un problema. La protección del medio ambiente es vista por muchos, como un absoluto, que debe facilitarse a cualquier precio. En la medida en que tales puntos de vista dominante de la política pública, el costo será en un segundo plano en los debates sobre la solución de los problemas ambientales. Pero el hecho es que, como la protección del medio ambiente ocupa más o más del ingreso nacional de un país, el tiempo vendrá cuando el coste va a importar. Será necesario para preguntar si hay formas más baratas de proporcionar el mismo nivel de protección del medio ambiente. Si existen ahorros en costos, que pueden ser utilizados para proporcionar una mayor protección del medio ambiente o para financiar otras metas dignas. Cuando llegue ese día (y hay cierta evidencia de que ya está aquí), la eficiencia de la regulación del medio ambiente será un tema importante [Kolstad, 2000].

Capítulo 2. El agua a nivel nacional.

2.1 Marco legal.

Las políticas del agua que actualmente se aplican tienen sus raíces en nuestra Constitución de 1917, en la que se establece que el recurso es la propiedad de la nación y que sólo puede ser utilizada mediante la adecuada autorización por parte de la autoridad federal correspondiente. Desde 1946 la administración del agua ha estado bajo una autoridad única, por eso en estos casi ochenta años han surgido una serie de leyes, reglamento e instituciones para definir el ámbito de la intervención del gobierno, así como los derechos y obligaciones de los individuos y organizaciones, públicas o privadas, que deseen utilizar el agua nacional. De acuerdo con el artículo 27, la propiedad de las aguas comprendidas dentro del territorio nacional corresponde originalmente a la nación, quien tiene el derecho de regular su aprovechamiento, de transmitir el dominio de ellas a los particulares y de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público. De igual manera menciona que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas no podrá realizarse sino mediante concesiones otorgadas por Ejecutivo Federal, quien a su vez delega en la Comisión Nacional del Agua (Conagua) el ejercicio de sus atribuciones de acuerdo con lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento [Guerrero, 2004]. A finales del año 2003 se aprueba la nueva Ley de Aguas Nacionales (LAN) , en sustitución de Ley de Aguas Nacionales de 1993. Esta ley reformada entra en vigor al ser publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de abril de 2004. En ella se enfatiza la necesidad de descentralizar la gestión y ampliar la participación privada en su gestión, pero sin perder la rectoría del Estado. Se mantienen los organismos de Cuencas regionales y Consejos de Cuenca. En la LAN, de cualquier modo debemos de reconocer que las leyes por más avanzadas que sean, lo que realmente son los derechos de propiedad de los humanos y no el derecho a la existencia de los animales y especies de la flora y fauna. Ello nos señala la importancia de tomar decisiones multicriterio en la discusión y solución de problemas socio ambientales, así como en las inversiones y acciones orientadas a tal fin [Saldívar, 2007].

La misma Constitución establece en su artículo 115, fracción III, la obligación de los municipios en la prestación del servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales [García León, 2003].

Es el artículo 1º de la LAN en donde se menciona que esta ley es reglamentaria del artículo 27 en donde se menciona que esta ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución en materia de aguas nacionales [Guerrero, 2004].

En cuanto a las aguas superficiales podemos señalar:

- Que son aguas de propiedad nacional únicamente aquellas que previamente hayan sido declaradas y publicadas dichas declaratorias.
- Son objeto de asignación o concesión por la autoridad federal únicamente las aguas a que se refiere el punto anterior.
- El Estado (entidad federativa) está facultado por la misma Constitución federal para realizar las declaratorias de aguas de propiedad estatal, siempre y cuando no hayan sido declaradas con anterioridad.

Respecto a las aguas subterráneas [García León, 2004]:

- Que no son aguas de propiedad nacional.
- En principio no son objeto de asignación o concesión.
- Para que el Ejecutivo federal pueda reglamentar su extracción y utilización, se deberá poner en riesgo el interés público o se afectarán otros aprovechamientos.
- Existen aguas que pueden ser de propiedad estatal. Como lo señala el artículo 124 de la Constitución federal: “las facultades que no están expresamente concedidas por esta Constitución a los funcionarios federales, se entienden reservadas a los estados”.

Importante para el tema que nos corresponde, es lo que señala el artículo 5° de la LAN: “Para el cumplimiento y aplicación de esta Ley, el Ejecutivo Federal promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones. Asimismo fomentará la participación de los usuarios y de los particulares en la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos.”

Dentro de este marco legal e institucional, la Federación norma, planea, administra y opera. El municipio es responsable de la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales (de acuerdo con la Constitución en su artículo 115, fracción III), y los estados carecen de atribuciones o facultades en materia de agua. Sin embargo, en realidad varios de los estados carecen o facultades en materia de agua. No obstante, en la realidad varios de los estados concentran para sí la operación de los sistemas de agua potable y alcantarillado, ignorando la facultad de los municipios, e incluso la de los propios organismos operadores con el argumento de su falta de capacidad técnica, administrativa y financiera [Guerrero, 2004].

En México los marcos de referencia para evaluar la calidad del agua son [Castillo, 2004]:

1. Los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (CECA), publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989. Estos permiten evaluar la calidad del agua directamente de la fuente de abastecimiento, ya sea agua superficial (lagos naturales o artificiales y ríos) o subterránea, ya que establece los parámetros y los valores máximos permisibles que debe cumplir la calidad del agua para diferentes usos. En México, estos han recibido severas críticas a lo largo del tiempo, ya que algunos valores son copia de criterios de otros países, y por lo tanto tienen poca aplicación de México; también se ha observado que en algunos de los niveles considerados van más allá de la sensibilidad de los métodos

analíticos disponibles comercialmente en el país. Sin embargo, hasta la fecha no se han modificado y siguen siendo una referencia de uso cotidiano.

2. La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, salud ambiental, agua para uso y consumo humano, la cual permite evaluar la calidad del agua que consume la población, obtenida del proceso de potabilización.

Por ello con fundamento en el artículo 86 de la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, la Comisión Nacional del Agua tiene a su cargo, establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben de satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal; de aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales, o en cualquier terreno cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos; y en los demás casos previstos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. [Castillo, 2004] El artículo 13 de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento señala que: “La Comisión”, previo acuerdo con su Consejo Técnico, establecerá consejos de cuenca que serán instancias de coordinación y concertación entre “la Comisión”, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca. A través del Plan Nacional de Desarrollo, para el periodo 2001-2006, se establece que el ambiente es prioritario para el Ejecutivo federal y que la protección de los recursos naturales es estratégica para el desarrollo sustentable de la sociedad. De igual manera, el Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001 – 2006 tiene como prioridad detener y revertir el deterioro ambiental del país [Hernández de la Rosa, 2006]. Para el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 establece una estrategia clara y viable para avanzar en la transformación de México sobre bases sólidas, realistas y, sobre todo, responsables.

Estaba estructurado en cinco ejes rectores:

1. Estado de Derecho y seguridad.
2. Economía competitiva y generadora de empleos.
3. Igualdad de oportunidades.
4. Sustentabilidad ambiental.
5. Democracia efectiva y política exterior responsable.

Este Plan asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable; esto es, del proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras. La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta México es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Solo así se puede alcanzar un desarrollo sustentable. Desafortunadamente, los esfuerzos de conservación de

los recursos naturales y ecosistemas suelen verse obstaculizados por un círculo vicioso que incluye pobreza, agotamiento de los recursos naturales, deterioro ambiental y más pobreza.

El aspecto que normalmente recibe mayor atención en términos de calidad del agua es el control de las descargas de aguas residuales puntuales. Al respecto, la LAN³⁷ y su Reglamento presentan un esquema de regulación con base en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM ECO-001), las declaratorias de clasificación de los cuerpos de agua y las Condiciones Particulares de Descarga (CPD). La LGEEPA (sección VI) establece a las NOM como instrumento de política ambiental que debe de ser emitido para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas y el aprovechamiento de los recursos naturales. La declaratoria de clasificación de cuerpos de los cuerpos de agua nacionales es un instrumento de gestión de la calidad del agua establecido por la LAN (artículo 87). Como su nombre lo indica, la declaratoria corresponde a un cuerpo específico e inclusive a una delimitación específica, por lo que se trata del elemento para incluir en la legislación los requerimientos locales de manejo [Barrios, 2003].

Las Condiciones Particulares de Descarga (artículo 140, RLAN) son los límites máximos de contaminantes asignados a un usuario como parte del proceso administrativo de la expedición de un permiso de descarga y de la aplicación de la declaratoria de clasificación, como instrumento local de gestión, y de las NOM como instrumento de política federal. En el caso específico de las descargas difusas, el Reglamento de la LAN en su artículo 137 establece la responsabilidad de los usuarios de aguas nacionales para prevenir y controlar la contaminación extendida o dispersa que resulte del manejo y aplicación de sustancias que puedan contaminar la calidad de las aguas nacionales y los cuerpos receptores. Adicionalmente se establece la responsabilidad de hacer compatible el uso del suelo con los objetivos de prevención y control de la contaminación de las aguas y los bienes nacionales. Para el control de otro tipo de impactos, la propia LAN menciona (artículo 86) la necesidad de formular programas integrales de protección de los recursos hídricos en cuencas hidrológicas y acuífero, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua, y de promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, y lodos producto de los tratamientos de aguas residuales, contaminen las aguas superficiales y del subsuelo y los bienes que señala el artículo 113 [Barrios, 2003].

Entre 1993 y 1994, se publicaron 44 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de los principales giros industriales y actividades contaminantes del país. Muchas de estas normas eran las normas técnicas ecológicas que se empezaron a desarrollar a partir de 1988³⁸. En términos de manejo de la calidad del agua potable

³⁷ Antes de la existencia de la LAN, la Conagua solía formular la política del agua y los planes de un modo centralizado. Ahora, la Conagua tendrá que organizar sus actividades tanto en lo nacional como en lo regional hidrológico – administrativo, este último por medio de sus organismos de cuenca [Guerrero, 2004:45]

³⁸ El principio de regulación de estas era el control del proceso productivo bajo el concepto de la mejor tecnología disponible y las mejores prácticas de manejo y control. Este tipo de instrumentos son el fundamento de la normatividad en otros países, ya que como lo menciona la definición de NOM, se establecen condiciones y especificaciones para el desarrollo de una actividad. Al normar el proceso generador, se exige que todos los procesos similares se apeguen a

coinciden los aspectos de degradación del medio, potabilización e impactos a la salud. Es en este ámbito donde los efectos de una mala calidad del agua tienen repercusiones concretas y evidentes en la salud de la población. En la actualidad, el marco regulatorio para el manejo del agua potable está formado por NOM de salud ambiental, que a diferencia de las normas para aguas residuales, son emitidas por la Secretaría de Salud, y en donde la CNA participa de forma coordinada. Las principales normas en este ámbito, vigentes a la fecha, son las siguientes:

- NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2000.
- NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben de cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados (Diario Oficial de la Federación, 3 de junio de 1994)
- NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público [Barrios, 2003].

Un aspecto de gran trascendencia en estas normas era que incorporaban el uso de pruebas de toxicidad, como un parámetro susceptible de regulación a través del establecimiento de CPD. El análisis que se solicitaba era el bioensayo de toxicidad aguda con *Daphnia magna* para el cual, inclusive se desarrolló una norma específica (NOM-074-ECOL-1994). Es importante mencionar la relevancia de este aspecto, ya que en términos de control de la contaminación, la evaluación de la toxicidad genera información sobre los efectos; es decir, indica el impacto tóxico de la descarga, independientemente del contenido de contaminantes presentes, que finalmente es lo que se busca controlar. Este tipo de información, además de ser de mayor utilidad para el MCA (Manejo de la Calidad del Agua)³⁹, evita la medición de un gran número de parámetros por lo que se reduce los costos

límites máximos de producción de contaminantes, lo que en términos de competencia representa una situación justa para todos y un incentivo para la producción limpia [Barrios, 2003].

³⁹ Una pieza fundamental en cualquier programa de MCA (Manejo de la Calidad del Agua) es un sistema de información confiable que le permita establecer políticas, plantear actividades y tomar decisiones acertadas. Cualquier decisión tomada sin información o con información equivocada se convierte en una adivinanza, que seguramente nos llevará por el camino equivocado, dada la complejidad del fenómeno [Barrios, 2003].

Es importante enfatizar que un sistema de información está formado por diferentes actividades o etapas que forman un ciclo, y que corresponden a la definición de objetivos, la solución técnica del monitoreo de la calidad del agua para alcanzar estos objetivos, las actividades de monitoreo en sí mismas, el análisis de muestras de agua y otro tipo de información recopilada, la interpretación de los datos y la generación de productos informativos para ser utilizados en el momento preciso. Estas actividades corresponden a una gestión iterativa para resolver los problemas de calidad del agua. La responsabilidad de realizar un monitoreo sistemático y permanente de la calidad de las aguas nacionales continentales y, establecer y mantener actualizado el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Agua, recae en la CNA, según el artículo 154 del Reglamento de la LAN. Este sistema de información además deberá contener el inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales y el inventario nacional de descargas de aguas residuales [Barrios, 2003].

Las principales críticas a estas NOM fueron entre otras, que habían sido copiadas de normas equivalentes de Estados Unidos, que no habían cumplido con el procedimiento de participación que exige su formulación y que bajo este esquema se requeriría de gran cantidad de normas para todos y cada uno de los procesos productivos del país, tarea que se considera interminable. También se criticaba la falta de transparencia al momento de ser llevadas a los permisos de descargas y su falta de congruencia con otros ordenamientos, sobre todo con la Ley Federal de Derechos en Materia de

de la regulación ha tenido una gran aplicación en Canadá, de donde se tomó la idea para su implementación. Esta propuesta no tuvo éxito, principalmente por la falta de capacidad de los laboratorios nacionales para realizar este tipo de pruebas, y la incertidumbre normativa que no permitió crear este mercado de servicios. En términos de calidad del agua se traduce en mantener en la medida de lo posible la materia orgánica y los nutrientes, y disminuir a niveles aceptables la concentración de organismos patógenos [Barrios, 2003].

Un aspecto muy débil de esta normatividad son los requisitos para la toma de muestras. Los límites máximos permisibles (LMP) se establecieron como promedio diario (PD) y promedio mensual (PM). El PD se obtiene de una muestra compuesta tomada en cualquier día de operación normal de proceso generador de la descarga, que se forma por dos muestras simples hasta seis, dependiendo del tiempo de operación de la descarga; y el PM se obtiene del promedio de al menos dos mediciones del PD. Como puede observarse, existen posibilidades claras de que el usuario acomode la toma de muestras a los horarios y días que más le convengan a favor de comprobar su cumplimiento. Es importante destacar este punto, ya que un aspecto de regulación a los contaminantes y los LMP, es el control de la variabilidad del proceso. Al proceso existen técnicas estadísticas de gran utilidad para inferir el cumplimiento. Por otro lado, es justo decir que esta holgura en la técnica de muestreo obedece a la necesidad de reducir la carga económica que significa un número considerable de análisis, y se apega al criterio de confianza y autorregulación de las normas ambientales. En los instrumentos económicos para el control de la contaminación se tiene el principio “el que contamina paga” tratando de asociar un costo por unidad de carga contaminante que el usuario descargue por arriba de los límites máximos permisibles. El instrumento legal en donde se ha plasmado este principio es la LFD en materia de agua. Adicionalmente se consideran incentivos en la LAN, como el Certificado de Calidad del Agua, por el cual un usuario está exento del pago por aprovechamiento si demuestra que no contaminó el agua que utilizó en su proceso, es decir, que le regresa en las mismas condiciones de calidad con las que fue tomada [Barrios, 2003].

El caso más común se presenta cuando se plantea la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales cuya estimación de beneficios se limita al cumplimiento de la normatividad y se dejan fuera los beneficios en el contexto del manejo del agua en la cuenca. Bajo este contexto, los costos que significan las grandes inversiones que representan los sistemas de tratamiento superan en mucho a los beneficios, lo que da como resultado que este tipo de proyectos no compitan contra otras necesidades de inversión [Barrios, 2003].

La calidad del agua tiene significado y necesidades locales muy específicos, lo que implica requerimientos de información para su manejo (también muy específicos), y que sería difícil considerar dentro de un programa nacional; o que de considerarse requeriría de una gran cantidad de recursos. En general, la experiencia en otros países es que en las actividades de monitoreo participan todos los niveles de gobierno e inclusive la sociedad, a través de universidades o centros de investigación y de programas específicos de monitoreo voluntario. De esta forma, el monitoreo de la calidad del agua es una actividad que debe ser

Agua (LFD). Cabe mencionar que estas críticas obedecían más al procedimiento de regulación en su conjunto, que a las normas en sí mismas [Barrios, 2003].

ampliamente descentralizada, pero bajo normas y criterios muy precisos, que permitan la comparación de resultados. Solamente descentralizado se convocarán mayores recursos y se podrá dar atención a requerimientos específicos de información. Los estados deberán desarrollar planes integrales de MCA (Manejo de la Calidad del Agua) en sistemas ambientales, que tengan por objetivo la protección de fuentes de abastecimiento y la creación de reservas de agua, en las partes altas y la preservación de los usos de las partes bajas, considerando al ambiente como un usuario más. En el ámbito de los municipios, estos deberán operar planes de MCA desde la fuente hasta la disposición final como un esfuerzo conjunto del municipio, los industriales, el comercio y los ciudadanos en general, mediante el cual se distribuya la responsabilidad del ciudadano y recuperación del ambiente [Barrios, 2003].

El término “calidad del agua” es un concepto abstracto que sólo adquiere sentido cuando se selecciona un conjunto de parámetros y se le asocia un valor determinado para definirla. La amplia combinación de compuestos y valores que se pueden considerar hace que, en la práctica se formen conjuntos en su función de uso (criterios ecológicos y el Reglamento de Agua Potable), del origen (normas oficiales mexicanas de descargas) o del destino (condiciones particulares de descarga o CPD)

Tabla 2.1. Normatividad mexicana para la prevención y control de la contaminación del agua.

| DEPENDENCIA ENCARGADA DE LA PUBLICACIÓN | INSTRUMENTO REGULATORIO | FECHA DE EXPEDICIÓN |
|--|---|---------------------|
| Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos | Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica | Enero de 1991 |
| | Ley de Aguas Nacionales | Diciembre de 1992 |
| | Ley Federal de Derechos en Materia de Agua | Febrero de 1998 |
| | Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente | Enero de 1998 |
| Secretaría de Desarrollo Social | Normas Oficiales Mexicanas Referentes a la Descarga de Aguas Residuales | |

| | | |
|---|---|---|
| | NOM 001 ECOL/97 NOM 002 ECOL/96 NOM 003 ECOL/97 | Enero 6 de 1997 Junio 3 de 1998 Septiembre 21 de 1998 |
| | Ley Federal de Protección al Ambiente | |
| Secretaría de Salud | | Enero de 1982 |
| | Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios | |
| Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca | Ley de Reformas a la Administración | Enero de 1995 |
| Fuente: Jiménez, 2001. | | |

La normatividad que se relaciona con la calidad del agua en México se muestra la tabla anterior, en la cual se deben de añadir los tratados y convenciones internacionales que, básicamente, se limitan a la contaminación del mar con hidrocarburos y los acuerdos derivados del Tratado de Libre Comercio [Jiménez, 2001].

Control de descargas

En 1973, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) instauró, por primera vez, un programa de prevención y control de la contaminación de los cuerpos receptores generada por las descargas de agua residual municipal e industrial. Este programa comprendió tres etapas:

1. Registro obligatorio ante las autoridades por parte de los responsables de las descargas de aguas residuales municipales e industriales.
2. Presentación, ante la SRH, de un informe preliminar de ingeniería cuando la calidad del agua residual no cumpliera con los valores de la tabla siguiente. El informe debía contener los planes y acciones necesarios para el tratamiento de las descargas.
3. Elaboración, por parte de la SRH, de los estudios de clasificación de los cuerpos de agua del país y el establecimiento de los criterios de calidad de los mismos con base en los cuales las autoridades deberían fijar las condiciones particulares de descarga (CPD),

| | |
|----------------------------------|----------------------|
| Tabla 2.2. De máximos tolerables | |
| Parámetro | Concentración Máxima |
| Sólidos sedimentables | 1.0mL / L |

| | |
|------------------------|--|
| Grasas y aceites | 70mg / L |
| Materia flotante | Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm de claro libre, cuadrado. |
| Temperatura | 350 ° C |
| Potencial hidrógeno pH | 4.5 – 10.0 |

Fuente: Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, 1973

En 1976, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) sustituyó a la SRH y quedó encargada de ejecutar el programa anterior y fijar las CPD. Ante la incapacidad para atender un gran número de solicitudes, el programa quedó abandonado.

En 1982, la Secretaría de Salud expidió la Ley Federal de Protección al Ambiente y, en 1988, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue) estableció 25 normas técnicas ecológicas, dos en 1990 y en cinco en 1991, sumando 33, en la sig. Tabla.

| Tabla.2.3. Normas técnicas ecológicas | |
|---------------------------------------|--|
| NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES |
| 001/88 | Centrales termoeléctricas. |
| 002/88 | Industria productora de azúcar de caña. |
| 003/88 | Industria de refinación de petróleo crudo, sus derivados y petroquímica básica . |
| 004/88 | Industria de la fabricación de fertilizantes, excepto la que produzca el ácido fosfórico como producto intermedio. |
| 005/88 | Industria de la fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos. |
| 006/88 | Industria de fabricación de harinas. |
| 007/88 | Industria de la cerveza y malta. |
| 008/88 | Industria de la fabricación de asbestos de construcción. |
| 009/88 | Industria elaboradora de leche y sus derivados. |
| 010/88 | Industria de la manufactura de vidrio plano. |
| 011/88 | Industria de productos de vidrio prensado y soplado. |
| 012/88 | Industrias de fabricación de caucho sintético, llantas y cámaras. |
| 013/88 | Industria del hierro y del acero. |
| 014/88 | Industria textil. |
| 015/88 | Industria de la celulosa y del papel. |
| 016/88 | Industria de bebidas gaseosas. |
| 017/88 | Industria de acabados metálicos. |
| 018/88 | Industria de laminación, estrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones. |
| 019/88 | Industria de la impregnación de productos de aserradero. |
| 020/88 | Industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores. |

| | |
|--------|---|
| 021/88 | Industria del curtido y acabado de pieles. |
| 022/88 | Industria de la matanza de animales y empaqueo de cárnicos. |
| 023/88 | Industria de envasado de conservas alimenticias. |
| 024/88 | Industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen. |
| 025/88 | Industria elaboradora de papel a partir de fibras celulósicas recicladas. |
| 026/88 | Restaurantes o de hoteles. |
| 027/88 | Industria del beneficio del café. |
| 028/88 | Industria de la preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos de la industria de la producción de harina y aceite de pescado. |
| 029/88 | Hospitales. |
| 030/88 | Industria de jabones y detergentes. |
| 031/88 | La industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales para los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal. |
| 032/88 | De origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola. |
| 033/88 | Establece las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de esta con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas. |

Fuente: Jiménez, 2001

Para 1989, la Comisión Nacional del Agua (CNA) publicó los criterios de calidad del agua y quedó, a través de la SAHR, como la responsable de emitir las normas de prevención y control de la contaminación del agua. Se emitió, entonces, la Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica (1991), la Ley de Aguas Nacionales (diciembre, 1992) y la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (febrero, 1993). En julio de 1992, la atribución de fijar las CPD quedó bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional del Agua de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, fracción III del artículo 86 y en los artículos 139 fracción 11 y 140 del reglamento de la misma⁴⁰[Jiménez, 2001:310].

El 10 de junio de 1994, la Secretaría de Desarrollo Social publicó 11 proyectos de normas oficiales mexicanas (tabla 2.4) referentes a descargas de aguas residuales provenientes de

⁴⁰ Un aspecto de gran trascendencia en estas normas era que incorporaban el uso de pruebas de toxicidad, como un parámetro susceptible de regulación a través del establecimiento de CPD. El análisis que se solicitaba era el bioensayo de toxicidad aguda con *Daphnia* aguda para el cual, inclusive se desarrolló una norma específica (NOM-074-ECOL-1994). Es importante mencionar la relevancia de este aspecto, ya que en términos de control de la contaminación, la evaluación de la toxicidad genera información sobre los efectos; es decir, indica el impacto tóxico de la descarga, independientemente del contenido de contaminantes presentes, que finalmente es lo que busca controlar. Este tipo de información, además de ser de mayor utilidad para el manejo de calidad del agua, evita la medición de un gran número de parámetros por lo que reduce los costos de la regulación. El uso de pruebas de toxicidad como parte de la regulación ha tenido gran aplicación en Canadá, de donde se tomó la idea para su implementación. Esta propuesta no tuvo éxito, principalmente por falta de capacidad de los laboratorios nacionales para realizar este tipo de pruebas, y la incertidumbre normativa que no permitió crear este tipo de servicios [Barrios, 2003].

diferentes industrias en cuerpos receptores y sistemas de alcantarillado o drenaje municipal. Estas, junto con las anteriores 33, ya como NOM, suman las 44 que en total se tuvieron hasta 1996

| Tabla. 2.4. Normas oficiales mexicanas (referentes a descargas de aguas residuales en cuerpos receptores provenientes de diferentes industrias y sistemas de alcantarillado o drenaje municipal). | |
|---|--|
| NOM-ECOL-1994 | Giro Industrial |
| 063 | Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de residuales en cuerpos receptores provenientes de la industria. |
| 063 | Vinícola. |
| 064 | Destilería. |
| 065 | Pigmentos y colorantes. |
| 066 | Galvanoplastia. |
| 067 | Sistemas de alcantarillado o drenaje municipal. |
| 068 | Aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal. |
| 069 | Componentes eléctricos y electrónicos. |
| 070 | Preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados. |
| 071 | Productos químicos inorgánicos. |
| 072 | Fertilizantes fosfatados, fosfatos polifosfatos, ácido fosfórico, productos químicos inorgánicos fosfatados, exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de la vía húmeda. |
| Fuente: Jiménez 2001. | |

En marzo de 1994, la CNA emitió un instructivo para el establecimiento de las condiciones particulares de descarga de aguas residuales. Este instructivo constituyó una metodología para que las diferentes dependencias de la CNA a nivel regional, estatal y central pudiesen determinar de manera simplificada, objetiva y uniforme las CPD. Incluso, servía para que el propio responsable de la descarga las autodeterminase. Junto con el registro de su descarga, el responsable debía de proponer los siguientes datos: día y hora en que se efectuaba la descarga, calidad y volumen de la misma y el cuerpo receptor. Con esos datos, se utilizaban una matriz de dos dimensiones: una, definida por los diferentes orígenes de las descargas de agua residual (municipal o industrial) y, la segunda, de acuerdo con el tipo de cuerpo receptor y de sus usos. Para cada combinación (tipo de descarga y cuerpo receptor) se definían cuatro indicadores que correspondían a un grupo de parámetros de calidad del agua. Los grupos eran: B (parámetros básicos), R (parámetros refractarios), T (compuestos tóxicos) y P (patógenos) y una clave, la cual determina el nivel de concentración permisible, desde el menos riguroso [nivel 0] hasta el más riguroso [nivel 5]; en cada parámetro se definían dos valores: el máximo instantáneo y máximo promedio diario [Jiménez, 2001].

Adicionalmente, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales (LAN), la Comisión Nacional del Agua tiene la obligación de expedir las Declaratorias de Clasificación de Cuerpos de Agua en el *Diario Oficial de la Federación*. Las declaratorias deben de contener:

Estos estudios son instrumentos de planeación que ayudan a la autoridad del agua para desarrollar las acciones correctivas destinadas a lograr la limpieza de los cuerpos de agua, así como la prevención de las descargas contaminantes. Esto se hace de conformidad con la Ley de Aguas Nacionales

- ❖ La determinación del cuerpo de agua clasificado.
- ❖ Los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los periodos previstos en el reglamento y la Ley de Aguas Nacionales.
- ❖ La capacidad del cuerpo de agua para diluir y asimilar contaminantes.
- ❖ Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, que servía de base para fijar las condiciones particulares de descarga [Jiménez, 2001:312].
- ❖ La primera declaratoria realizada es la del Rio Lerma publicada en abril de 1996. A pesar de haberse publicado muchos instrumentos legales y normativos desde hace más de 25 años, ninguno de ellos se ha aplicado en su totalidad. Una de las razones es el no haber considerado las tareas y costos que implica su implantación. En especial, la falta de conocimiento del estado actual del recurso es lo que imposibilita la clasificación de los cuerpos de agua del país [Jiménez, 2001].

Además, para, efectivamente, mejorar la calidad del agua, los instrumentos jurídicos de uso y de descarga debieran estar relacionados. En efecto, es este doble empleo el que hace útil establecer parámetros comunes en la regulación de los usos y las descargas para poder ligar la evolución de la calidad, así como para establecer una estrategia global. Con esta idea, el 7 de agosto de 1995, la Comisión Nacional de Agua (CNA) presentó una primera “propuesta para la reformulación de las normas oficiales mexicanas para las descargas de aguas residuales municipales e industriales”, que representó una reformulación original de la política del gobierno referente al control de las descargas, ya que toma en cuenta el uso [Jiménez, 2001].

Con esta simplificación se sustituyeron las 44 NOM mediante la instauración de tres normas para cubrir los siguientes objetivos:

- ❖ Proteger la calidad de las aguas nacionales y posibilitar su uso benéfico.
- ❖ Controlar los contaminantes convencionales y no convencionales para proteger la infraestructura de drenaje y saneamiento, así como abatir los costos de tratamiento de las aguas municipales.
- ❖ Proteger la salud de los usuarios del agua y al medio ambiente de los efectos negativos ocasionados por los subproductos del tratamiento.

Del paquete de tres normas emitidas, la NOM-001-ECOL/96 es la más importante. En ésta se establecen las condiciones de descarga para toda fuente que vierta al mismo tipo de cuerpo receptor en función de su uso, el cual puede ser.

- ❖ Riesgo agrícola.
- ❖ Público urbano.
- ❖ Protección de la vida acuática.
- ❖ Explotación pesquera.
- ❖ Navegación y otros usos.

❖ Recreación

También considera a dos tipos de ecosistemas de particular interés en el país:

- ❖ Los estuarios.
- ❖ Los humedales naturales [Jiménez, 2001].

En cuanto a los parámetros microbiológicos, por primera vez la normatividad mexicana da especial interés al control de los patógenos estableciendo criterios para los huevos de helminto y para los coliformes fecales, como grupos de indicadores: Pero lo más relevante de la norma es que, en el fondo, es una regulación para el reúso y reconoce, por tanto, esta práctica ya muy común en nuestro país debido a la falta de recurso [Jiménez, 1995].

En los países en desarrollo, donde la calidad⁴¹ y la cantidad de agua es inferior, los problemas ambientales tienen su origen en la carencia de un desarrollo social y económico, donde los servicios sanitarios y la nutrición son deficientes, con enfermedades originadas en el agua, así como también son gravísimos los problemas a consecuencia de las inundaciones, la sequía, los derrumbes y deslizamientos, daños en el curso de los ríos, contaminación de aguas e inutilización de tierras cultivables.

A su vez, el agua subterránea está contaminada por las actividades humanas. Este desarrollo cada vez restringe el desarrollo de varias cuencas de los ríos. Dependiendo de las prácticas agrícolas y las características del subsuelo, los acuíferos en las tierras agrícolas han sido contaminados en diversos grados por el lavado del suelo y el uso inadecuado de pesticidas y fertilizantes. Los acuíferos ubicados debajo de las zonas urbanas e industriales se han contaminado debido a la infiltración de aguas residuales, derrames de productos químicos y la lixiviación de los residuos sólidos⁴² [Arreguín, 2001:125].

Persiste el centralismo en aspectos de política y programación hídricas, no obstante que se abren breves espacios de participación, sin dar el paso hacia el verdadero federalismo. [García León, 2003].

El artículo 27, en su fracción VII, señala la importancia de conservar los bosques y aguas, preservar y restaurar el equilibrio ecológico y evitar la destrucción de los elementos naturales; así como fomentar la agricultura, silvicultura y otras actividades económicas en el medio rural sin que afecte su base natural [Ávila, 2003:65].

| |
|--|
| Tabla 2.5. Leyes que abordan la cuestión indígena y los recursos naturales (tierra, agua, bosques) |
|--|

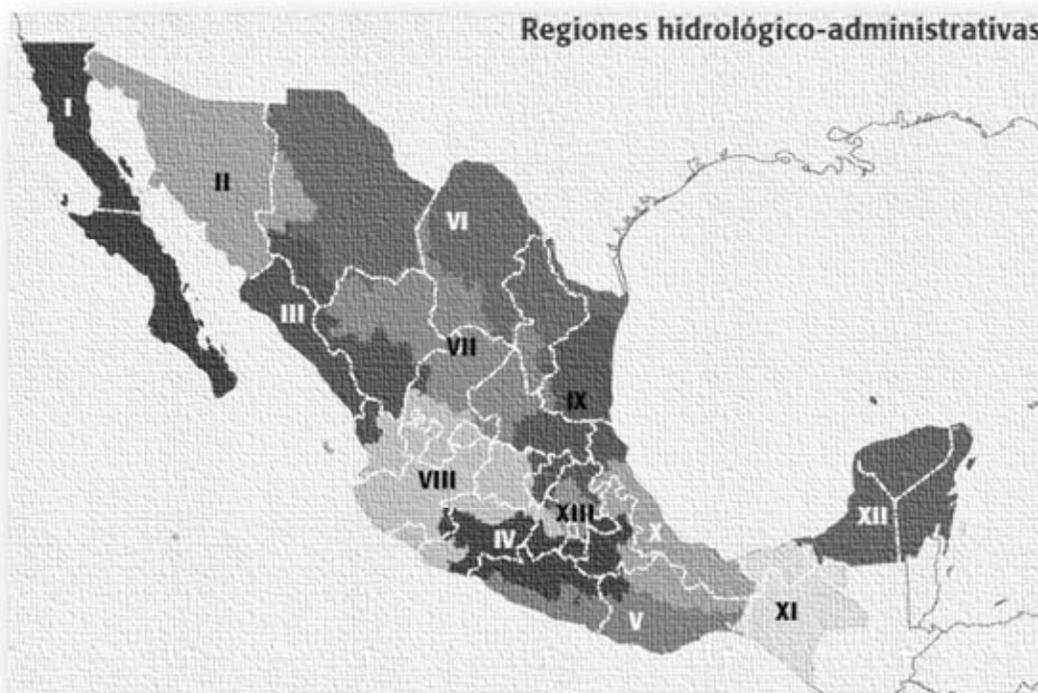
⁴¹ El reúso directo e indirecto de agua residual municipal e industrial, tratada o no tratada, posee una larga tradición en México y es común a lo largo de todo el país (la excepción son las áreas costeras que por lo general descargan al mar este tipo de aguas). La mayoría del agua residual, proveniente de ciudades del interior de México, es reutilizada indirectamente de manera no planeada, después de ser descargada en un río mezclada. Parte del agua residual es reutilizada directamente y de manera planeada para riego en la agricultura, por lo común sin realizar pago alguno por el servicio del líquido. Una porción pequeña del agua residual es reutilizada en la industria, el único sector que tiene la capacidad económica y la disposición a pagar sumas significativas por el agua reutilizable [Guerrero, 2004].

⁴² La presencia de un mayor número de cuerpos de agua contaminados disminuye la posibilidad de aprovechamiento de diversos ríos y cuerpos de agua [Guerrero, 2004].

| Tipo de Ley | Referencia directa a la cuestión directa |
|--|--|
| Ley agraria (9 de julio 1993) | Sí |
| Ley general de equilibrio ecológico | Sí |
| Ley de aguas nacionales (29 de abril, 2004) | No |
| Ley general de desarrollo forestal (13 de diciembre, 2002) | Sí |
| Ley de desarrollo social | Sí |
| Fuente: Guerrero , 2004. | |

En nuestro país se requiere de nuevas actividades, de avanzar en el federalismo (es decir, la reasignación de funciones, atribuciones y responsabilidades entre las órdenes de gobierno), la descentralización (transferencia de responsabilidades a los estados y municipios, buscando que las decisiones se tomen en el nivel en donde se generan los problemas) y la descentralización (transferencia de responsabilidades a los estados y municipios, buscando que las decisiones se tomen en el nivel en donde se generan los problemas) y la desconcentración (delegar atribuciones en niveles medios y operativos de las propias dependencias). [Guerrero, 2004].

Figura 2. Regiones hidrológico- administrativas.



Fuente: Conagua, 2008.

Regiones hidrológico-administrativas y ciudades sede de los Organismos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua.

- I. Península de Baja California (Mexicali, Baja California).
- II. Noroeste (Hermosillo, Sonora).
- III. Pacífico Norte (Culiacán, Sinaloa).
- IV. Balsas (Cuernavaca, Morelos).
- V. Pacífico Sur (Oaxaca, Oaxaca).
- VI. Río Bravo (Monterrey, Nuevo León).
- VII. Cuencas Centrales del Norte (Torreón, Coahuila).
- VIII. Lerma-Santiago-Pacífico (Guadalajara, Jalisco).
- IX. Golfo Norte (Ciudad Victoria, Tamaulipas).
- X. Golfo Centro (Jalapa, Veracruz).
- XI. Frontera Sur (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas).
- XII. Península de Yucatán (Mérida, Yucatán).
- XIII. Aguas del Valle de México (México, Distrito Federal).

| Tabla. 2.6. Principales instituciones y organizaciones que participan en el objetivo. | |
|---|--|
| Comisión Nacional del Agua | Incrementar la eficiencia del uso del agua en las ciudades; promover el establecimiento de esquemas de medición, facturación y cobro adecuados; apoyar la ampliación de las coberturas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y el incremento del reúso; brindar asesoría técnica y administrativa a los organismos operadores de agua potable y saneamiento; propiciar la participación del Sector Privado en aquellos proyectos en que esta opción sea factible; adecuar el marco legal y la normativa para asegurar el suministro de agua para la población rural. |
| Gobiernos de los Estados | Aportar los recursos económicos que propicien la realización de las obras y servicios adecuados; impulsar el establecimiento de tarifas que favorezcan el uso responsable y pago justo del agua; propiciar el uso eficiente del agua en las actividades productivas. |
| Municipios y Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento | Proporcionar los servicios de agua potable y alcantarillado que requiere la población; realizar las acciones que permitan garantizar que el agua que se proporciona a la población sea apta para consumo humano; tratar las aguas residuales que generan las ciudades y fomentar su reúso; cumplir sus obligaciones fiscales como usuarios de aguas nacionales; vincular sus planes de desarrollo y ordenamiento territorial con la disponibilidad de agua. |
| Banca de Fomento y Desarrollo | Crear los instrumentos y mecanismos financieros que permitan proporcionar los recursos económicos que requieren los municipios y organismos operadores para proporcionar los servicios de agua potable. |
| Sector Privado | Aportar la tecnología y financiamiento necesarios para construir, operar y mantener las obras mayores que se requieren en el Sector Hidráulico. |
| Universidades e Instituciones de Educación | Brindar capacitación técnica y administrativa al personal de los organismos operadores de agua potable y saneamiento |

| | |
|---|--|
| H. Congreso de la Unión | Concertar políticas y presupuestos requeridos en materia hidráulica, así como evaluar y en su caso aprobar, las solicitudes de modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. |
| Congresos Locales | Aprobar la implantación de tarifas y sistemas de medición y cobro que propicien el uso responsable y pago justo del agua, concertar políticas y presupuestos requeridos en materia hidráulica, coordinar proyectos hidráulicos de interés local, así como crear las leyes y reglamentos. |
| Institutos de investigación y desarrollo | Evaluar y proponer las tecnologías que contribuyan al uso eficiente del agua y a proporcionar servicios adecuados de agua potable y alcantarillado. |
| Secretaría de Relaciones Exteriores | Impulsar en coordinación con las agencias e instituciones de los Estados Unidos de América, los programas de mejoramiento de eficiencias y ampliación de coberturas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en las ciudades de la franja fronteriza de nuestro país. |
| Secretaría de Hacienda y Crédito Público | Definir el presupuesto que es asignado a las instituciones vinculadas al Sector. |
| Sector Industrial | Tratar las aguas residuales que generan y favorecer su reúso en las diferentes actividades |
| Secretaría de Salud | Apoyar a los municipios para que sus habitantes reciban agua con calidad apta para consumo; fomentar entre los habitantes los hábitos y costumbres asociados a la higiene que les permitan una mejor calidad de vida. |
| Organizaciones de la Sociedad Civil | Participar en el suministro de los servicios de agua potable y saneamiento, fundamentalmente en las comunidades rurales. |
| Secretaría de Desarrollo Social | Apoyar a los municipios para que las comunidades rurales cuenten con sistemas de agua y saneamiento y coordinar las acciones de reordenamiento urbano. |
| Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas | Apoyar a los municipios con una fuerte presencia indígena, para que las comunidades cuenten con sistemas apropiados de agua potable y saneamiento. |
| Fuente: [Conagua, 2008] | |

2.2 Marco institucional.

La Constitución de 1917, en su reforma de 1983, tan solo faculta a los municipios para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado (Art. 115 de la Const.), y deja en manos del nivel federal lo relacionado con la explotación, uso, aprovechamiento distribución y control de las aguas consideradas nacionales (Art. 27 de la Const.). La LAN otorga facultades exclusivas al Ejecutivo Federal para legislar y administrar en materia de aguas nacionales (Art. 4 de la LAN), y establece que la participación de los usuarios y particulares será promovida por el Ejecutivo Federal solo en términos de la realización y administración de la obras y de los servicios hidráulicos (Art. 5 de la LAN). En materia de Consejos de Cuenca la LAN los establece como instancias de coordinación y concertación (Art. 13 de la LAN), por tanto, carentes de facultades normativas. Se puede observar que

aún con las reformas hechas a la Ley el marco para que la sociedad acceda a los niveles de decisión continúa siendo un espacio muy estrecho y, en última instancia, la decisión última continúa en manos del nivel federal [CTMMA, 2001].

En el Diario Oficial de la Federación se publicó, en mayo de 1998, la distribución de los municipios según 13 regiones administrativas establecidas por la CNA para reorganizar las gerencias regionales; sin embargo, el proceso había comenzado años antes y tuvo incluso ajustes posteriores a dicha fecha, derivados principalmente de la inconsistencia entre la regionalización hidrológica de algunos municipios contra su vinculación real con los centros urbanos que asumieron el papel de coordinar el desarrollo hidráulico de dichos municipios [Sandoval, 2004].

Si bien el desarrollo del sector hidráulico ha sido amplio, durante décadas se ha descansado sobre la base de una continua generación de infraestructura. El acelerado crecimiento poblacional y de las actividades económicas a partir de la década de 1930 obligó a un acelerado desarrollo del sector. Sin embargo, los objetivos y las demandas de este desarrollo convirtieron al sector hidráulico en un proveedor de insumos, más que en un elemento a través del cual el desarrollo del país pudiera planificarse de acuerdo a la disponibilidad del recurso en cada una de las regiones. Aun cuando existen resultados positivos, el centrarse casi exclusivamente en aspectos técnicos-financieros y constructivos dio como resultado que otras áreas del sector hidráulico quedaran en rezago. Algunos de los problemas a los que México se enfrenta son: la sobrexplotación y contaminación de aguas superficiales y subterráneas; ocurrencia severa de sequías y lluvia; ineficientes servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento; carencia de soporte técnico; administrativo y financiero en los organismos locales y regionales encargados de la administración del agua; inapropiadas prácticas de manejo y uso de las aguas residuales; carencia de una cultura del agua; entre otros [CTMMA, 2001].

La ley de Aguas Nacionales reformada el 29 de abril de 2004 y publicada en el Diario Oficial de la Federación (www.diariooficialdigital.com), señala:

Asigna al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), entre otras, la función de coordinar la planificación de la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, así como de la formación de recursos humanos; claramente, la operación de sistemas usuarios, sistemas usuarios, públicos y productivos, implica la formación de profesionales en materias tan diversas como la contabilidad, la administración, la química, el derecho, etc., por lo que resulta contrario a la tendencia descentralizadora el pretender una coordinación central de dicha función. Más grave aún es la contradicción en las funciones simultáneas de prestación de servicios de consultoría, por una parte, y arbitraje técnico y científico, por otra, lo que abre la posibilidad de que el IMTA sea, simultáneamente, árbitro en un conflicto y consultor de una de las partes. En un giro frecuente en esta nueva ley, sin embargo, añade un párrafo en el que da cabida a las instituciones académicas y de investigación vinculadas con el tema de agua y su gestión en la materia del propio artículo, se entiende que todo ello bajo la coordinación del IMTA [Sandoval, 2004].

El 18 de mayo de 1994. México ingresó al seno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Esta organización ha definido una serie de objetivos orientados en siete líneas estratégicas a ser aplicadas por los países miembros [López, 2004]:

- Desarrollo y manejo integrado del agua.
- Evaluación de la cantidad, en términos de disponibilidad y demanda del recurso.
- Preservación y protección del agua, de su calidad y de los ecosistemas acuáticos.
- Abastecimiento de agua potable y saneamiento.
- El agua y el desarrollo urbano sustentable.
- El agua y el desarrollo agrícola y rural sustentable.
- El impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.

El sector público es la única organización social que tiene una falla de origen ya que está basado en la desconfianza. Mientras que los procesos, manuales, leyes y reglamentos están elaborados, en la teoría, para evitar los ilícitos, en la práctica lo único que se ha logrado es entorpecer la buena marcha de la administración pública, atemorizar a los servidores públicos eficientes y alimentar la corrupción [Guerrero, 2004].

Por lo tanto la CNA es una institución que ha sido rebasada por la realidad, que ha cambiado su visión y misión, y que carece no sólo de los recursos humanos, sino de los materiales y financieros suficientes para cumplir sus objetivos. Adicionalmente las decisiones en su mayoría se toman en forma centralizada, en lugar de tomarse desde el lugar en donde se generan los problemas [Guerrero, 2004].

“Por esta razón es necesario que la comunidad científica del país asuma la responsabilidad de establecer un foro permanente en donde se revisen los criterios que van surgiendo en otros países, se defina su aceptación y se discutan parámetros de preocupación nacional por sus efectos locales observados para contar así con criterios propios que obedezcan a las circunstancias del país” [Barrios, 2003: 147].

La simulación matemática es el método más usual para la selección de estrategias de control en los países desarrollados, en donde se cuenta con gran cantidad de información confiable, capacidad científica y una sofisticada cultura administrativa, aspectos que no se encuentran presentes en los países en desarrollo. Concretamente, si la información con lo que se alimenta el modelo es limitada, como en el caso de los datos de calidad del agua, o si se presentan deficiencias como en el caso de la evaluación de los parámetros hidrodinámicos de la corriente, los resultados serán poco representativos y de nula utilidad para el proceso de regulación, independientemente de que el modelo sea adecuado [Barrios, 2003].

En contraste, actualmente se han desarrollado nuevas técnicas de manejo del conocimiento para la toma de decisiones, los cuales utilizan la experiencia local sobre los problemas y parten de la base de que las decisiones en aspectos de regulación ambiental no se toman a partir de soluciones numéricas exactas, sino con base en la certidumbre de que un sistema

ambiental mejorará sus condiciones; por ejemplo pasar de predominancia de condiciones anóxicas a niveles aceptables de oxigenación en la corriente [Barrios, 2003].

Organizar el manejo del agua desde un enfoque de cuenca obedece a la lógica de tener en consideración las características naturales de los flujos de agua, ya que estos no respetan límites administrativos. Hasta 1988, el agua era administrada en México utilizando límites “políticos”. El término “político” se utiliza ya que, administrativamente, las oficinas de la Conagua fueron delimitadas a partir de la división política mexicana, esto es, por estados. Las seis oficinas regionales en 1989, se utilizaron para administrar el agua [Guerrero, 2004].

- ❖ Noroeste.
- ❖ Norte
- ❖ Noreste
- ❖ Lerma-Balsas
- ❖ Valle de México
- ❖ Sureste.

Estos límites fueron cambiados en mayo de 1998, cuando un nuevo número, ubicación y límites de las oficinas regionales de la Conagua fueron publicados. Las ubicaciones y límites fueron actualizados en enero de 1999. Los nuevos límites fueron definidos con criterios hidrológicos, dando lugar a una nueva organización en el manejo del agua en México. Según este criterio, el país está dividido en 13 regiones administrativas hidrográficas y en cada una de las regiones se ha establecido una oficina de la Conagua. Entonces, las oficinas regionales de la Conagua trabajan con un enfoque de cuenca (parteaguas), en el que cada de las regiones está compuesta de una o más subcuencas o microcuencas. Las oficinas regionales de la Conagua son responsables de conducir la mayor parte de las tareas de manejo, mientras que sus oficinas centrales son responsables de establecer los lineamientos y estándares generales.

A partir de la creación de los consejos de cuenca la LAN visualiza y promueve la participación de inversionista en el sector agua. Los consejos son foros donde los gobiernos municipales, estatales y federales, así como los usuarios del agua y otros inversionistas pueden compartir la responsabilidad de planear y manejar los recursos hídricos de la cuenca. La LAN⁴³ ordena el establecimiento del consejo de la cuenca, para facilitar la coordinación de programas y políticas hidráulicas con los tres estratos de gobierno: federal, estatal y municipal [Guerrero, 2004].

| |
|--|
| Tabla 2.7. Organizaciones auxiliares en una cuenca |
|--|

⁴³ La LAN es también un marco para propiciar los acuerdos de estrategias, programas y acciones entre la autoridad federal del agua y los usuarios del agua, así como con actores sociales. El objetivo principal de los consejos de la cuenca es garantizar el desarrollo sostenible de los recursos hídricos según un criterio de manejo de agua integrado. Posee organizaciones auxiliares que funcionan en niveles diferentes, desde el punto de vista hidrológico: subcuenca, microcuenca y acuífero [Guerrero, 2004].

| Organización | Nivel Hidrográfico |
|---|--------------------|
| Consejos de Cuenca (26) | Macrocuena |
| Comisiones de Cuenca (16) | Subcuena |
| Comités de Cuenca (19) | Microcuena |
| Comités Técnicos de Agua Subterránea (71) | Acuífero |

Fuente: Guerrero, 2008.

El papel del Consejo de Cuenca es mejorar el manejo del agua y promover el desarrollo de la infraestructura hidráulica, así como la conservación del recurso agua al interior de la cuenca [Guerrero, 2004].

La Ley de aguas nacionales es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política y está muy vinculada con la Ley general de equidad y equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA)⁴⁴. Según esta ley todos los poseedores de derechos de agua, mediante concesiones y asignaciones obtenidas por la Comisión Nacional del Agua, son denominados personas físicas o morales. La ley garantiza la asignación y concesión privada del agua, que motiva así la creación de mercados de agua por medio de la transferencia de derechos. Esto indudablemente da una mayor seguridad jurídica a los particulares que poseen los derechos de agua, no así a los pueblos y comunidades que ven fragmentada la apropiación, uso y manejo colectivo del recurso [Ávila, 2008].

En el aspecto institucional se tiene que la Comisión Nacional del Agua es la autoridad federal responsable de definir la política hidráulica del país y administrar las aguas nacionales. De manera complementaria se ha establecido la normatividad para asegurar la administración adecuada del recurso del agua; para ello se ha trabajado de manera coordinada con el Instituto Nacional de Ecología [Valencia, 2002].

Como parte de los problemas que agobian al recurso hídrico del país, la degradación de la calidad del agua, sin duda alguna es un problema central muchas veces opacado por los problemas de cantidad de agua, y que tienen grandes implicaciones en la salud de la población y del medio, y por lo tanto en las condiciones de bienestar de una nación. Ciertamente

⁴⁴ En México, la ley que rige la aplicación de las políticas ambientales es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) cuyos instrumentos incluyen la planeación ambiental, ordenamiento ecológico del territorio, instrumentos económicos, regulación ambiental de los asentamientos humanos, evaluación de impacto ambiental, normas oficiales mexicanas en materia ambiental, autorregulación y auditorías ambientales, investigación, educación ecológica, información y vigilancia [Tortajada, 2004].

La aplicación de la LGEEPA sigue siendo deficiente debido a aspectos como la marcada centralización, ausencia de un mayor número de expertos en las áreas ambientales, falta de interés por los aspectos sociales y ambientales, falta de procesos administrativos transparentes, falta de calidad de las distintas evaluaciones de impacto ambiental, ausencia de modalidades para participación social [Tortajada, 2004].

La LGEEPA establece que:

“La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría (del Ambiente) establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico a rebasar los límites establecidos en las disposiciones aplicables para proteger al ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente...”(LGEEPA, sección V, artículo 28).

es que no se puede hablar de calidad de agua cuando esta no se tiene, pero también es evidente que para disponer de cualquier volumen es indispensable una calidad adecuada. Así, los conceptos de cantidad y calidad son inseparables en términos de disponibilidad del agua, que es el principal objetivo que se busca manejar el recurso [Barrios, 2003].

El Gobierno Federal ha reconocido su incapacidad para resolver la problemática del sector hidráulico por lo que ha iniciado reformas tendientes a solucionar esta situación. Dentro de la estrategia general se encuentran los Consejos de Cuenca, teniendo como objetivo involucrar a usuarios y sociedad civil en el proceso de gestión del recurso hídrico en un marco de corresponsabilidad con el Estado [CTMMA, 2001].

Para atender los problemas de uso y distribución del agua y los conflictos que surgen entre distintos usuarios, un importante número de naciones viene reconociendo a las cuencas hidrográficas como los territorios más apropiados para conducir los procesos de manejo, aprovechamiento, planeación y administración del agua y, en su sentido más amplio y general, como los territorios más idóneos para llevar a cabo la gestión integral de los recursos hídricos [CNA, 1998]. En México la idea del manejo del recurso hídrico tomando como unidad de análisis la cuenca hidrográfica no es nueva. En 1946 se crea la Secretaría de Recursos Hidráulicos para satisfacer la necesidad de contar con una autoridad única que coordine los múltiples aprovechamientos de las obras hidráulicas [CTMMA, 2001].

Se crean una serie de Comisiones de Cuenca en los principales ríos del país con el objetivo de planear, diseñar y construir las obras requeridas para el desarrollo integral de la cuenca. Estas Comisiones tendrían su mayor impulso en las décadas de los años 1950 y 1960, época caracterizada por altas inversiones en el sector hidráulico. Posteriormente, su impulso decrecería abandonándose finalmente esta modalidad de planeación a finales de la década de 1970, desapareciendo con ello las Comisiones de Cuenca [CTMMA, 2001].

El 1º de abril de 1989 el gobierno federal y los gobiernos estatales firman un acuerdo en el cual se comprometen a: 1) establecer nuevas reglas para la distribución del agua; 2) mejorar la calidad del agua en los cuerpos receptores; 3) incrementar el uso eficiente del agua; y 4) conservar los recursos de la cuenca. El 1 de septiembre de 1989 se integra un Comité Consultivo encargado de evaluar los avances y un Grupo Técnico de Trabajo que se constituye como el ente encargado de realizar las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos. En esta primera etapa la participación dentro del Comité Consultivo fue exclusiva de los gobiernos federal y estatales [CTMMA, 2001].

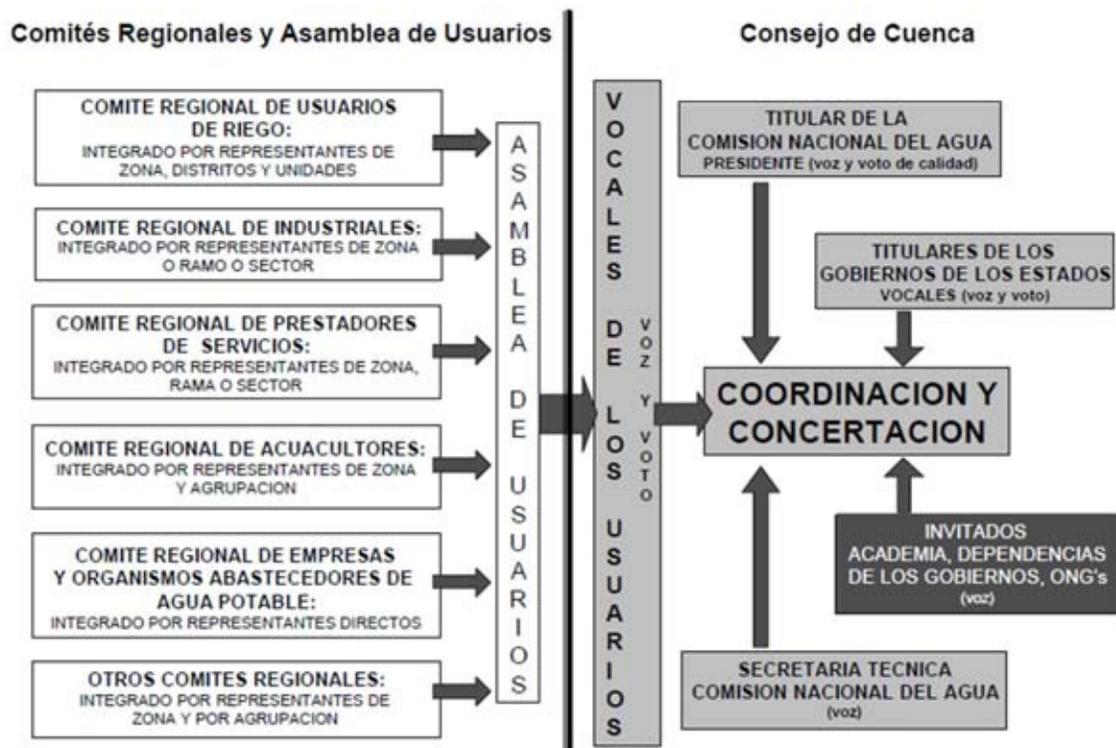
Podemos considerar lo anterior como el primer antecedente en la conformación de los actuales Consejos de Cuenca. Sin embargo, aún tendría que ser desarrollado el marco legal que les diera cabida en la estructura jurídico-administrativa de la gestión del agua en México. En 1988 se expide la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), derivado en parte por la presión ejercida por las agencias extranjeras de financiamiento sobre el Gobierno Federal. En esta Ley se establece como obligatoria la participación de la sociedad en la planeación, ejecución, evaluación y vigilancia de la política ambiental y de recursos naturales (Art. 157 de la LGEEPA). En 1992, se expide la Ley de Aguas Nacionales y se establece al Consejo de Cuenca como instancia de

coordinación y concertación entre la CNA, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca (Art. 13 de la LAN) [CTMMA, 2001].

Una vez establecido el marco legal correspondiente, el 28 de enero de 1993 el Consejo Consultivo se convierte en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. El primer Consejo de Cuenca en la historia de México. Posteriormente en 1994 se crea el Consejo de Cuenca del Río Bravo, con el objetivo de establecer políticas eficientes para la asignación del agua, así como establecer programas para el saneamiento de los cuerpos de agua de la cuenca en coordinación con la autoridad correspondiente de los Estados Unidos. En enero de 1994 se publica el Reglamento de LAN en el cual se establecen quienes integran el Consejo. Inicialmente el Consejo se constituía por: los titulares de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de la Comisión Nacional del Agua, de Hacienda y Crédito Público, de Desarrollo Social, de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Salud y de Pesca; los titulares de los Poderes Ejecutivos de las entidades federativas comprendidas dentro del ámbito del Consejo de Cuenca; hasta seis vocales representantes de los usuarios que corresponden a cada uno de los usos, dentro del ámbito territorial del Consejo de Cuenca respectivo. Todos los representantes contaban con voz y voto, a excepción de los titulares de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de la Comisión Nacional del Agua, si embargo, el primero, además de fungir como Presidente del Consejo, tendría voto de calidad en caso de empate, y el segundo, fungiría como secretario del Consejo y supliría las ausencias del Presidente [CTMMA, 2001].

Figura 3. Estructura de los Consejos de Cuenca. Fuente: CTMMA, 2001.

Estructura de los Consejos de Cuenca



Dos aspectos resultan relevantes en la estructura de los Consejos de Cuenca⁴⁵:

1) Los usuarios de las aguas nacionales o sus bienes inherentes que participan en los Consejos deben ser acreditados por la Conagua, con base en los títulos de concesión o permisos que legitiman sus derechos de uso y aprovechamiento del recurso; para el caso de terceras personas interesadas en participar, primeramente deberán constituirse en grupos organizados y ser reconocidos e invitados por la Conagua.

2) El actual diseño de los Consejos los establece como instancias de coordinación y concertación, facultadas exclusivamente para emitir recomendaciones hacia las instancias gubernamentales y usuarios. Los Consejos de Cuenca no cuentan con autoridad para emitir alguna normatividad oficial o ejercer acción legal o jurídica y no suple a ninguna autoridad u organización.

Actualmente el Gobierno Federal lleva a cabo un proceso de inducción y organización hacia los usuarios con el objetivo de que se conozca sobre las funciones y responsabilidades

⁴⁵ El proceso de descentralización, en el cual se inscriben los Consejos de Cuenca, es un proceso reciente en la administración pública mexicana. Nace como consecuencia de las dificultades planteadas por el centralismo de las decisiones políticas y administrativas, de modo que la idea de la descentralización nace ligada a la palabra crisis. De esta forma la descentralización es un proceso nuevo que, sin embargo, iba en contra de la estructura política del Estado que intentaba impulsarlo. De ahí que brotará, desde los primeros pasos que se ensayaron a favor de ese proceso, una larga lista de contradicciones políticas y legales que ha tomado tiempo dismantelar. Con respecto a los Consejos de Cuenca se deberán asumir importantes retos si se desea cumplir con el objetivo de establecerlos como “organizaciones plurales, eficaces, participativas y democráticas ... para avanzar con mayor eficacia en la dirección de la sustentabilidad del desarrollo” [Conagua, 1998].

de los Consejos de Cuenca, establecer estrategias y directrices para la organización interna de los Comités y Asambleas de Usuarios e involucrarlos en el proceso de toma de decisiones y asignación de responsabilidades. Por otro lado la Conagua se encuentra elaborando los reglamentos internos que regirán la operación de los Consejos. De esta forma se espera que estas organizaciones se vayan consolidando y adquieran la suficiente madurez y experiencia para comenzar a operar, lo que se estima sea en el año 2000.

Al analizar la estructura de los Consejos resaltan dos elementos:

1) No se puede hablar de una verdadera representación de los usuarios ya que no se considera la diversidad de características que éstos presentan, las necesidades e intereses no son los mismos para los micro productores que para los macro productores; la distribución espacial hace que los problemas sean diferentes para aquellos que se encuentran en la parte alta de la cuenca en comparación con aquellos que se encuentran en la parte baja o media; la coerción económica que los grupos poderosos pueden ejercer sobre otros distorsiona profundamente los procesos de toma de decisiones y los procesos de elección de representantes; paradójicamente, aun cuando los usuarios son parte de la sociedad, sus intereses no necesariamente representan los del conjunto de ésta, se debe aceptar que se trata de un proceso de defensa de intereses particulares, que no sociales, y en ocasiones antagónicos; y 2) la participación de la sociedad civil, las organizaciones no gubernamentales y las instituciones de educación o centros de investigación, y de otras instancias de gobierno se encuentran supeditadas a la invitación que les haga la Conagua, si ésta lo juzga conveniente (Art. 15, fracc. III del RLAN), de esta forma podemos observar que los Consejos de Cuenca nos son foros abiertos a la participación. La LAN confiere un alto grado de discrecionalidad al facultar a la CNA para decidir quienes participan y quiénes no. Esta facultad de decidir permite jugar con el balance de poder y de esta forma poder dirigir las decisiones hacia objetivos o resultados ya establecidos previamente en otras instancias [CTMMA, 2001].

Se reconoce la falta de una metodología suficiente para abordar la gestión integral del recurso hídrico. La complejidad de los procesos y lo relativamente nuevo de esta forma de gestión, ha hecho que el desarrollo de la misma tenga un avance lento. En la mayoría de los textos -oficiales, porque no existe bibliografía al respecto proveniente de otros sectores-, se observa que siempre se hace referencia a lo que deberían ser los Consejos de Cuenca, sin embargo no se mencionan los caminos o formas para acceder a estas propuestas partiendo de la situación actual. Consideramos que la planeación integral de cuencas debe estar basada en una metodología dinámica a través de estructuras generales que permitan flexibilidad en el proceso. Debe tener un enfoque a largo plazo con el establecimiento de metas a corto y mediano tiempo, es necesario buscar la coincidencia de los tiempos políticos, sociales y ambientales. Los organismos encargados de la gestión del agua no deben permanecer aislados del resto de los sectores de la economía nacional, el proceso debe darse de manera conjunta de manera que las necesidades y prioridades nacionales tengan una base de planeación común. Un elemento básico en la planeación está en la definición de la escala, a una escala mayor más serán los elementos que se deberán integrar al proceso y mayor el grado de complejidad en el análisis. Es necesario tomar la experiencia internacional y a través de un proceso de análisis determinar aquellos

elementos que puedan ser aplicables a los casos particulares de cada región [CTMMA, 2001].

Sería deseable que realmente se cumpla el objetivo de que los Consejos de Cuenca se acrediten como organizaciones plurales, eficaces, participativas y democráticas. Sin embargo, para lograr lo anterior se requieren cambios de fondo en la ideología de los directivos a cargo del manejo de los recursos hídricos del país, cambios de fondo en el marco legal, institucional y político, será necesario desterrar viejas prácticas y formas de trabajo que aún hoy continúan presentes; los usuarios y público en general deberán aceptar mayores responsabilidades en términos de la preservación y adecuado manejo del agua, crear una cultura de participación y exigir una mayor y mejor información sobre la gestión de los recursos hídricos [CTMMA, 2001].

La ley actual en materia de agua le da a los consejos de cuenca una función limitada que consiste principalmente en ser espacio de concertación para dirimir los problemas del agua entre usos y usuarios, pero basados sólo en la buena voluntad de los actores sin ninguna autoridad o atribución. Los consejos de cuenca son organismos más virtuales que reales ya que carecen de recursos humanos, materiales y financieros para su operación y consolidación, además de que son una de las muchas responsabilidades de los gerentes regionales de la CNA⁴⁶, quienes les pueden dedicar muy poco tiempo [Guerrero, 2004].

Capítulo 3. Marco teórico y método para analizar la degradación del agua.

3.1 Acerca de la Teoría Económica.

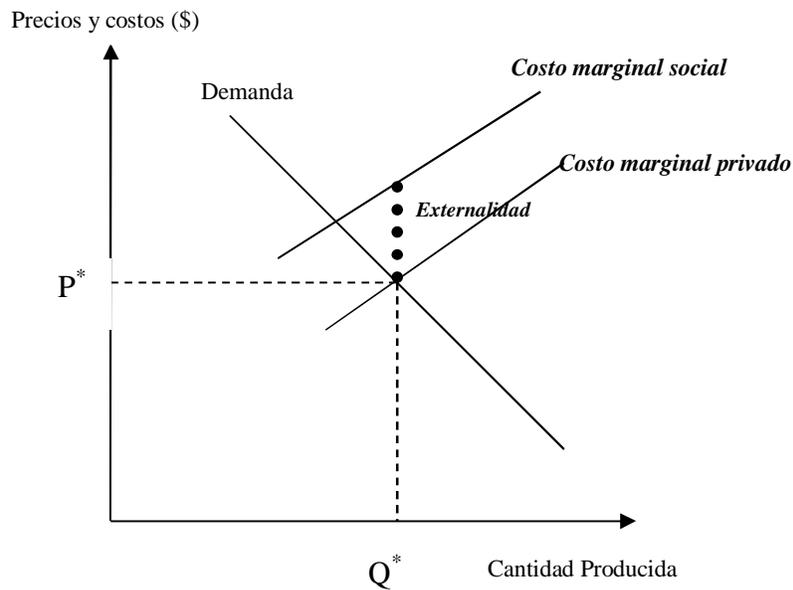
En los dos siglos durante en los que los hombres han estudiado e intentado analizar las interrelaciones económicas de las comunidades en que viven, a su vez raras ocasiones se nos dicen si se debería de distinguir entre una teoría económica y un modelo económico, no nos debe de sorprender que sean utilizados indistintamente, diversos autores han sostenido que el término teoría debería de aplicarse a las afirmaciones inequívocas y refutables sobre las complejas interrelaciones de una economía real, y el término modelo en el tratamiento de las elaboraciones lógicas, abstractas (y, normalmente, matemáticas) que desarrolla una teoría inicial, o que generan una predicción teórica en base a unos postulados iniciales. Koopmans señala “considerar a la teoría económica como una secuencia de modelos conceptuales que pretenden expresar de forma simplificada diferentes aspectos de una

⁴⁶ “La Conagua es un órgano sobre facultado por la Ley de Aguas Nacionales, ya que es imposible que pueda hacer cumplir la ley en todos los rincones del territorio federal sin que exista una coordinación real entre los diferentes niveles de gobierno y con los usuarios. México tiene una superficie de casi dos millones de kilómetros cuadrados y en la Comisión no existen siquiera 200 brigadas de inspección y medición en todo el país que haga cumplir la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento” [García León, 2003: 103].

realidad siempre más complicada”. Por ello se tiene que hacer una marcada diferencia entre lo que es una teoría y un modelo.

Los procesos de industrialización y urbanización en el siglo XX profundizaron los problemas ambientales, lo que ha colocado la vida terrestre al planeta en un verdadero riesgo: “Sin duda el cambio climático y el efecto invernadero constituyen la mayor amenaza global que muestra los umbrales de una catástrofe ecológica” [Guerrero, 2004:67], mientras la escasez del recurso hídrico le sigue en gravedad.

El conocimiento de los recursos naturales y el dominio del medio ambiente tienen incidencia no sólo sobre la sustentabilidad ambiental y la calidad de vida de la población, sino también sobre los niveles de competitividad regional, por eso alrededor del mundo se han utilizado diferentes instrumentos económicos para promover un uso eficiente del agua. Los más comúnmente recurridos son impuestos, subsidios, aranceles y cuotas. La efectividad que cualquiera de ellos pudiera generar depende del contexto político y económico en el que son aplicados. Tomando los precios como reflejo de escasez, el precio del agua ha sido utilizado como base económica para un uso productivo eficiente del recurso. Sin embargo el agua posee externalidades, lo que implica que el precio privado no refleja forzosamente su valor social. Entendiéndose externalidad, como el que una persona o una empresa emprende una acción que produce un efecto en otra persona o empresa por el que esta no paga o no es pagada. Por ejemplo así como es un insumo para la producción, el agua posee funciones ecológicas y recreativas que son valoradas por la sociedad. Además, la contaminación del agua provocada por usuarios privados genera externalidades. Todo esto debe estar reflejado en el precio del agua, esto no se aplica para México [Guerrero, 2004]. De tal manera, la externalidad significa que el mercado no funciona de forma adecuada y que los precios no reflejan todos los beneficios o todos los costos. La contaminación, ya sea del aire, del agua o del suelo, constituye un claro ejemplo de externalidad; nadie asume sus costos, pero todos sufrimos sus efectos. Una manera de internalizar el costo ambiental es mediante la intervención del gobierno con una política que obligue a los participantes a asumir cierto comportamiento [Aguilar, 2010].



Fuente: Pearce and Turner (1990)

Gráfica 3.1. Expresión gráfica de una externalidad.

“La contaminación puede reducirse si se disminuye la producción causal o mediante la inversión de tecnologías limpias” [Aguilar , 2010: 222] y es que, a largo plazo, debemos invertir en soluciones *ex ante* (programas de prevención con tecnologías limpias, prácticas sostenibles y educación ambiental) que en soluciones *ex post* (instalación de sistemas de tratamiento del agua ya contaminada) [Aguilar, 2010].

Por eso existen varios factores o momentos que explican las causas del deterioro ambiental [Saldívar, 2007]:

- ❖ Fallas del mercado.
- ❖ Fallas del gobierno en su incapacidad de aplicar políticas ambientales (Normatividad y regulación fiscal).
- ❖ Excesivo crecimiento demográfico (Asentamientos irregulares).
- ❖ Insuficiente información y bajos niveles de conciencia y de educación entre la población.

Lo anterior tiene un costo de oportunidad⁴⁷ y debemos asumirlo aceptando el hecho que “el dinero no resuelve todo”. De lo contrario estaríamos directa o indirectamente aceptando

⁴⁷ En economía, el costo de oportunidad o coste alternativo designa el coste de la inversión de los recursos disponibles, en una oportunidad económica, a costa de la mejor inversión alternativa disponible, o también el valor de la mejor opción no realizada. El término fue acuñado por Friedrich von Wieser en su «Theorie der gesellschaftlichen Wirtschaft» (Teoría de la Economía Social -1914-).

que el que contamine lo siga haciendo impunemente por alguna de las siguientes situaciones:

- ❖ No pague por contaminar (De acuerdo al principio “el que contamina paga”)
- ❖ No deje de contaminar y
- ❖ No restituya al menos parte de los daños ambientales que a la postre constituyen, como hemos tratado de demostrar, también daños sociales.

A través de la historia y prácticas cotidianas abundan aquellas situaciones donde se muestra que generalmente son los primeros (los contaminadores) los que poseen mayor poder y peso negociador, verbigracia, grandes empresas, corporaciones o inclusive países, siendo superior su influencia frente a quien sufre esas externalidades, ya no digamos frente a los ecosistemas, las zonas costeras, la biodiversidad, el paisaje, etcétera. Que prácticamente no cuentan con ningún poder legal de defensa [Saldívar, 2007].

Lo anterior, a su vez, nos remite a la necesidad de establecer los siguientes criterios y parámetros:

- ❖ Fijación de normas y estándares ambientales.
- ❖ Fijación de subsidios para reducir la contaminación.
- ❖ Permisos y licencias de contaminación⁴⁸.

Los problemas ambientales surgen de la visión errónea sobre una supuesta infinitud de los recursos naturales, así como de la apropiación desmedida de los mismos. La posición desde antaño ha sido y sigue siendo que el ambiente es infinito y sobre todo es gratis para todos. Esta “gratuidad” de los recursos naturales ha elevado al extremo de evasión de costos ambientales en lo que el contaminador incurre, y la resultante distorsión del mercado ocasiona que los costos sean absorbidos por la comunidad.

Así, los costos ambientales pueden dividirse en:

- ❖ Costos por daño. Son los causados directamente por la contaminación.
- ❖ Costos de prevención. Son aquellos en que la gente incurre al intentar librarse de la contaminación.

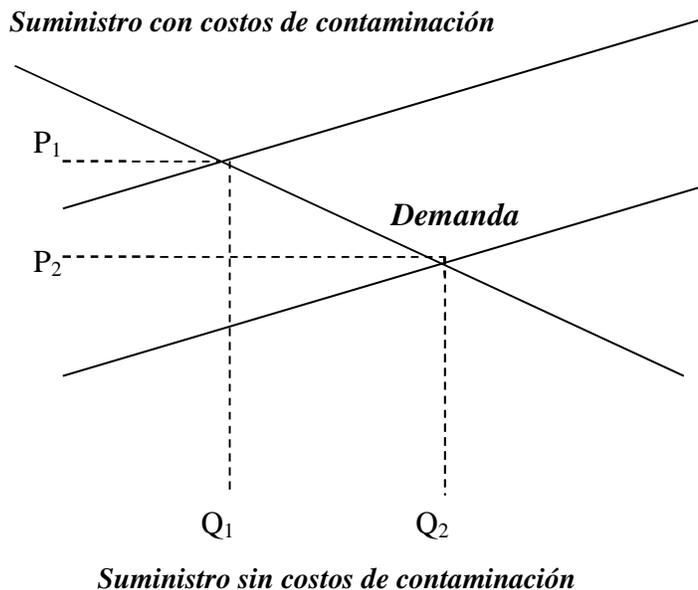
⁴⁸ Para el primer punto definido también como método intervencionista y de acuerdo con el enfoque pigouviano, para el caso del consumo de aguas municipales, una norma posible sería fijar una cuota máxima de 150 lt/persona/día, conociendo que agencias internacionales establecen como óptimo social de consumo necesario o sustentable el rango entre 40 a 150 lt. En el primer rango de consumo básico (“lifeline”) pueden fijarse, como ya lo señalamos, las tarifas más bajas o de subsidio; para al alcanzar los 150 lts. persona/día la tarifa debe ser aquella que cubra tanto los costos convencionales de producción (abastecimiento a domicilio, amortización de capital, etcétera) así como los costos ecológicos (saneamiento y recarga artificial por sobreexplotación del manto freático). En el punto dos, se puede establecer un sistema de subsidios cruzados mediante el cual se “premie” a los ahorradores y bajos consumidores de agua y se castigue con tarifas por encima de la media a los mayores usuarios o contaminadores.

Para el último punto, es posible fijar una curva de oferta de emisiones en el caso de aguas residuales. Dicha curva debe de ser perfectamente inelástica y coincidir con el nivel socialmente óptimo de producción. La inelasticidad aquí la entendemos como la dificultad de sustituir el bien; por ello el control sobre la demanda es crucial dentro de la gestión del recurso hídrico: a menor demanda, menor contaminación, ergo mayor sustentabilidad y durabilidad del recurso a largo plazo y menor costo social [Saldívar, 2007].

- ❖ **Costos de transición.** Son aquellos implicados por la recopilación de información, estudios y el llegar a acuerdos acerca del nivel de contaminación. Cuando no son tomados en cuenta los costos por contaminación, la economía sufre de externalidades negativas. Un claro ejemplo de ellos son los precios sombra que se generan a partir de la falta o ausencia de costos de contaminación:

La contaminación es de interés supremo para los economistas debido a que, a través de sus externalidades negativas, provocan daños sociales.

También las externalidades pueden resolverse asignando debidamente derechos de propiedad, que otorgan a una determinada persona el derecho a controlar algunos activos y a cobrar por el uso de la propiedad. Incluso cuando los derechos de propiedad de un recurso común no se asignan a una sola persona, el mercado puede encontrar un mecanismo eficiente para resolver la externalidad, las partes afectadas pueden unirse y llegar a un acuerdo por el que internalice la externalidad y se garantice la eficiencia se llama teorema de Coase. Por ello debe de ser respaldado por un sistema jurídico eficiente.



Gráfica. 3.2. Suministros con o sin costos de contaminación.

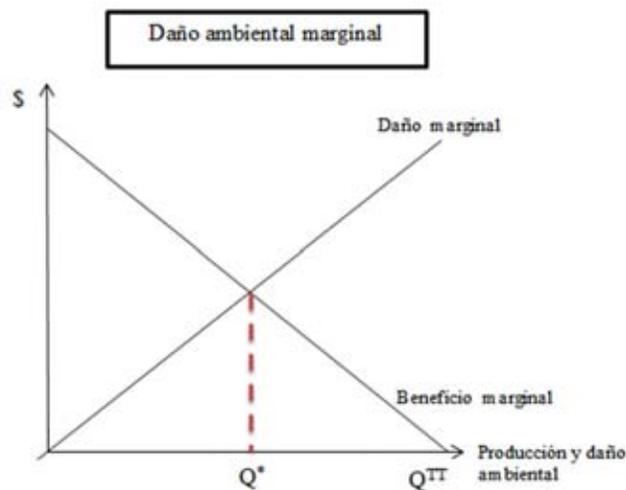
Fuente: Saldívar, 2007

En la gráfica 3.2 se puede apreciar que el nivel de precios “óptimo” para la sociedad sería P_1 a un nivel de producción o de suministro Q_1 . Sin embargo, la determinación de los costos ambientales les expresa uno de los mayores a los cuales la economía ecológica se enfrenta, ya que el criterio individual y la subjetividad están enlazados a la determinación de estos costos. Los recursos ambientales necesitan estar incorporados en el sistema de mercado. Existen varias formas de hacer esto: una es otorgando derechos privados sobre ciertos recursos naturales, con los que se tiene incentivos para cuidarlos y mantenerlos, ya que los beneficios de estos recursos, son exclusivamente para quien se le otorgó el derecho. Otra forma ya mencionada es a través del establecimiento de precios sombra. Si conociéramos el valor de los recursos biológicos en toda su extensión, estaríamos en mejor

posición para administrarlos con mayor efectividad. En términos conceptuales el análisis costo/beneficio corresponde a una noción y criterio de sustentabilidad débil y de conmensurabilidad de valores. No obstante, la valoración económica puede verse como un prerrequisito para la protección a condición de que se incorporen los argumentos ecológicos y sociales ya mencionados. Vale decir, considerando la evaluación monetaria y no monetaria de los beneficios de la biodiversidad de los ecosistemas y de los recursos biológicos. El crecimiento económico sustentable se logra, en su modalidad débil, cuando el bienestar per cápita no tiende a declinar, y en su versión fuerte, cuando el capital no tiende a decrecer. Así, las condiciones de un crecimiento económico sustentable, en su versión débil o fuerte, dependen del grado de sustitución entre los insumos y el capital natural y los insumos y el capital producido [Saldívar, 2007].

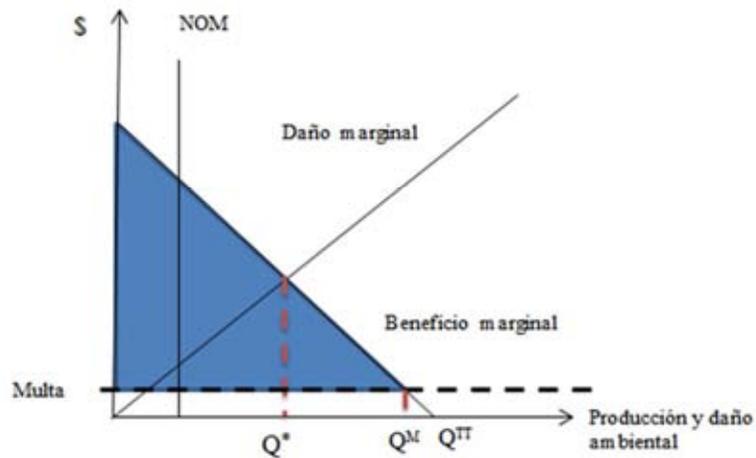
Para lograr mantener nuestros recursos hídricos, necesitamos instrumentos, que en este caso son las NOM (normas ambientales). En México, la Ley Federal de Metrología y Normalización (1992) reglamenta dos tipos de normas: las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de carácter obligatorio en temas relacionados con la salud, humana, vegetal y animal, la seguridad y el ambiente y las Normas Mexicanas que son voluntarias [Aguilar, 2010].

Gráfica 3.3.



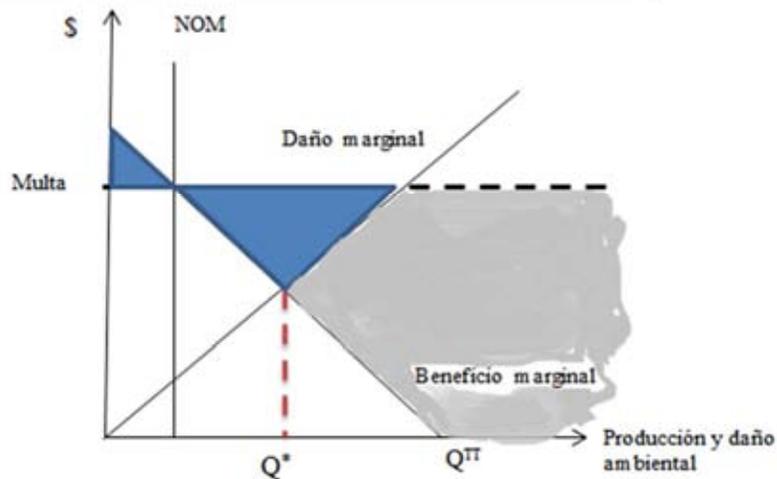
Gráfica 3.4.

Falta de compatibilidad entre una multa y una norma (NOM)



Gráfica 3.5.

compatibilidad entre una multa y una norma (NOM)



Fuente: Aguilar , 2010.

Tabla 3.1. Análisis de las gráficas presentadas.

| No. de Gráfica | Título de gráfica | Observaciones |
|----------------|-------------------------|---|
| 3.3. | Daño ambiental marginal | Nos muestra la curva de daño ambiental marginal y que dicho daño se puede medir en términos monetarios, además la curva de beneficio marginal tiene pendiente negativa, en donde dicho beneficio disminuye conforme se van produciendo los bienes. Por lo tanto una empresa maximiza su beneficio total cuando el beneficio marginal es igual a cero y es cuando dicha curva corta el eje de las abscisas, pero |

| | | |
|--------|---|--|
| | | a este sería muy catastrófico para el medio ambiente, por lo tanto un intermedio es Q^* , donde ecológicamente el daño ambiental, aunque no es igual a cero, hay beneficios para el productor. |
| 3.4. | Falta de compatibilidad entre una multa y una NOM | Aquí se incorpora una línea vertical (NOM) y una horizontal (multa), y el producto está sobrepasando el óptimo Q^* e incluso no le importa pagar una multa Q^M , ya que a pesar de esto está todavía en números negros, y por lo tanto seguirá contaminando el agua y el medio ambiente en general. |
| 3.5. | Compatibilidad entre una multa y una NOM | Aquí se demuestra que el productor puede dejar de contaminar sin llegar a Q^* , pero eso se lograría con una multa tan alta que no le permita al productor seguir produciendo porque ya no le va a convenir en sus beneficios. Al igual la norma va a ser llevada con estricto apego. En el mundo cotidiano tanto como la NOM y la multa deben de ir de la mano. |
| Fuente | Aguilar, 2010. | |

También se puede ayudar con una implementación adecuada de impuestos⁴⁹ el cual ha servido, ya que el ideal es aplicar el principio “del ambiente para el ambiente”, significa que el dinero colectado por los impuestos ambientales deben dirigirse a mejorar el ambiente por medio de la creación de fideicomisos o fondos etiquetados, al combinar impuestos y subsidios. Y es que esto ha dado resultado gracias que existe una presión financiera en los contaminadores, también del gobierno sobre el cumplimiento de la ley de aguas. Además algo no muy usual en los países desarrollados que es la presión del público y los medios que ahora prestan mayor atención a los programas ambientales.

Esto nos puede ayudar a implementar programas de protección, como son los siguientes⁵⁰ [Lara, 2004] :

- ❖ Delimitación de áreas de protección de pozos (Well Head Protection). Esta técnica consiste en delimitar áreas de terreno alrededor de los pozos de abastecimiento de agua potable, restringiendo o prohibiendo la realización de actividades potencialmente contaminantes.
- ❖ Planes de contingencia. Es la aplicación de un conjunto de acciones para coordinar las actividades técnicas, financieras y administrativas a fin de responder a una emergencia en el suministro de agua a fin de responder a una emergencia en el suministro de agua, generada por un evento de contaminación accidental.

⁴⁹ Arthur C. Pigou propuso un impuesto para internalizar los costos sociales. De ahí proviene el impuesto pigouviano, como un cargo monetario que posteriormente se aplicó a los procesos de contaminación ambiental y que dio origen al conocido principio “el que contamina, paga”, adoptado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1972 [Aguilar, 2010].

⁵⁰ En cuanto a las obras de infraestructura hidráulica e hidroagrícola se sabe que para maximizar sus beneficios sociales y económicos, y disminuir sus impactos económicos, sociales y ambientales negativos, es necesario elaborar y aplicar instrumentos de política ambiental, como son las manifestaciones de impacto ambiental (MIA) [Tortajada, 2004].

- ❖ Control en el uso de sustancias tóxicas y en fuentes puntuales de contaminación. Comprende la regulación y control de almacenamiento, distribución y aplicación de sustancias tóxicas como agroquímicos y derivados de hidrocarburos. Asimismo, incluye el monitoreo de fuentes potenciales de contaminación como tanques de almacenamiento de hidrocarburos (gasolinerías), rellenos sanitarios, descargas de aguas residuales entre otros.
- ❖ Saneamiento de acuíferos contaminados. Comprende la limpieza de los acuíferos contaminados a fin de restaurar la calidad del agua a niveles de calidad acordes con la norma oficial de agua potable. La selección de técnicas de saneamiento así como su nivel de aplicación dependerán del uso actual del agua, la disponibilidad de recursos económicos para la restauración y condiciones hidrogeológicas del subsuelo.
- ❖ Aplicación de la normativa en materia de protección de acuíferos o actividades asociadas con su aprovechamiento (construcción y cierre de pozos), son una de las acciones más efectivas para el control de la contaminación. Asimismo, la aplicación de normas de calidad del agua permite controlar el deterioro del recurso mediante la restricción y vigilancia de la degradación.
- ❖ Protección de zonas de recarga. Consiste en identificar y proteger las áreas de un acuífero. Dada la importancia que representa para restaurar y mantener su balance y calidad, estas superficies deberán de estar sujetas a un estricto control del uso del suelo o veda, para evitar que la construcción de obras civiles reduzca la infiltración de la precipitación al subsuelo, o que actividades potencialmente contaminantes como infiltración de aguas residuales, construcción de gasolinerías, y disposición de residuos sólidos contaminen el subsuelo.

Otra solución para resolver el problema de las externalidades es el implementar los permisos transferibles, consiste en limitar la contaminación que puede emitir cualquier empresa. Las empresas obtienen, pues un permiso para emitir un determinado número de unidades contaminantes a su vez, están dispuestas a vender permisos en la medida en que su precio de mercado sea mayor que el costo marginal de reducir su contaminación y a comprarlos en la medida en el que el costo marginal de reducir su contaminación sea mayor que el precio de mercado del permiso. Por lo tanto en condiciones de equilibrio, cada empresa reducirá su contaminación hasta el nivel en el que el costo marginal de reducción de la contaminación sea igual al precio del mercado del permiso. Los permisos transferibles utilizan, al igual que las multas, el mecanismo de mercado para reducir eficientemente la contaminación: el costo marginal de reducción acaba siendo el mismo para todas las empresas. Sin embargo, tienen una ventaja frente a las multas. Con las multas, el Estado puede no estar seguro del nivel de emisiones que decidirán producir las empresas. Si el nivel de contaminación es demasiado alto, tendrá que aumentar las multas y es posible que tarde tiempo en encontrar el precio correcto.

3.2 Hipótesis y metodología.

De acuerdo con el marco teórico y los antecedentes expuestos, se plantea la siguiente hipótesis:

Existen factores de uso del agua que reflejan una mayor degradación de la misma a nivel nacional misma que sólo pueden ser identificados de manera multivariada.

En esta sección se analizarán tres tipos fundamentales de análisis multivariado: regresión múltiple, análisis factorial y análisis jerárquico. En el primer caso, se utilizará un modelo bien establecido, basado en la identidad IPAT y que se explica a continuación.

3.2.1. Identidad IPAT y sus variantes.

a) De la identidad al modelo.

Los vínculos entre medio ambiente y ser humano tienen que ser medidos. Para esto se tiene que echar mano de los modelos o identidades, para el desarrollo de los mismos se requiere la participación de grupos multidisciplinarios, donde se consideren los aspectos del medio físico, la interacción con el medio ambiente, y la influencia de las actividades del hombre; mientras que el uso de los modelos de simulación obliga a los especialistas a conocer el problema que se pretende analizar, los requerimientos de información para alcanzar un nivel de confianza aceptable de los resultados que se obtengan, así como de las limitaciones propias tanto de los programas (software) como del equipo (hardware). Una medida sencilla es:

La identidad IPAT, proporciona información útil sobre el papel de las actividades humanas, y contiene las únicas variables que hacen un seguimiento con el cambio ambiental [Steffen, 2005]. El hecho de que una variedad de fuerzas y procesos puede darse en un determinado lugar, dadas las condiciones geográficas y climáticas, se necesita un enfoque de estudio, de tal forma se puedan evaluar tanto sus impactos o interacciones y posibles repercusiones.

Los procesos de urbanización y la vida urbana están intrínsecamente ligados con el cambio global. Las ciudades, tienen altas dinámicas de desarrollo y su consumo cada vez mayor de materiales y energía, se están convirtiendo en puntos de cambio en términos de la demanda de recursos, originando impactos ambientales. Las ciudades son un foco de preocupación en los complejos vínculos entre el desarrollo socioeconómico, las disparidades en la riqueza, el cambio del medio ambiente y la salud pública [Steffen, 2005].

La urbanización en algunos casos, alivia algunas presiones ambientales mediante la concentración de poblaciones en áreas geográficas pequeñas y por lo tanto proporcionan al menos el potencial para una mayor eficiencia de los servicios y el tratamiento de los desechos. Por otro lado, las poblaciones urbanas en todas partes tienden a ordenar mejor nivel de vida que las poblaciones rurales. Los niveles de consumo son mayores en las zonas urbanas. En resumen, las zonas urbanas son puntos claves del cambio global. Dichas ciudades actúan como imanes para los recursos, consumen materiales y energía, y apropian de los ecosistemas muchas veces sus áreas. Y cuando llegan a afectar, no sólo es de manera interna, sino que existen grandes repercusiones al exterior de las mismas [Steffen, 2005]. Y a la hora de estudiarse se encuentra con la ausencia de herramientas analíticas. Tenemos desconocimiento de cómo se originan esos impactos y en qué proporción afectan a un recurso tan vital como lo es el agua. Uno de esos aspectos es como ver como una variable tan importante en este análisis como es la población tenga efectos sobre las estimaciones, tal es el caso de la modernización (urbanización e industrialización) se asocia con grandes impactos [York, 2003].

La identidad IPAT es ampliamente reconocida para analizar los efectos de las actividades humanas en el medio ambiente. La IPAT surgió del debate en la década de 1970 sobre el principio de las fuerzas impulsoras de las actividades antropogénicas sobre impactos al medio ambiente. Ehrlich y Holdren fueron los primeros en utilizar dicha identidad. Es ampliamente utilizada como un marco para el análisis de las fuerzas motrices de medio ambiente. Para la IPAT se especifica que al medio ambiente, los impactos son el producto multiplicativo de tres principales fuerzas impulsoras: población, riqueza (consumo per capita o de producción) y la tecnología (impacto por unidad de consumo o producción).

IPAT es una identidad matemática y típicamente ha sido utilizada como una ecuación contable, en donde los valores conocidos de I (impacto), P (población) y A (riqueza) se utilizan para resolver T (tecnología). La riqueza normalmente se toma del producto interno bruto per cápita (PIB), por lo que $PA = P (PIB / P) = PIB$. Así, por definición, $T = I / (PA)$ o $T = I / PIB$, por lo que T es el impacto por unidad de la actividad económica. [York, 2003]

Uno de los puntos fuertes de la IPAT es que se trata de una parsimoniosa especificación de las principales fuerzas impulsoras de los cambios ambientales y, además, identifica precisamente la relación entre la conducción de las fuerzas y los impactos. La especificación deja claro que todas las fuerzas de conducción (P, A y T) no lo hacen de forma independiente, ya que los cambios en un factor se multiplica por los otros factores. Una implicación importante de esta identidad es que ningún factor puede ser considerado por separado como singularmente responsable de los impactos ambientales.

Debido a su interconexión multiplicativa, la clave para entender la importancia relativa de cada factor (P, A y T) es evaluar el ritmo y la amplitud de los cambios en el potencial de los mismos. Por otra parte, se presentó el concepto de plasticidad como una medida de la gama y posibilidad de cambios en la población, la riqueza e impactos de la tecnología. La plasticidad es una herramienta que reconoce que los conductores de generar impactos en diferentes escalas y en diferentes ritmos.

Plasticidad comprende dos elementos:

- (1) el potencial de rango y la variabilidad de cada factor [P, A, y T]⁵¹, y
- (2) la velocidad a la que pueda cambiar cada factor [York, 2003].

La limitación clave del IPAT es que, las ecuaciones contables (es decir, identidades matemáticas), no permiten que la prueba de hipótesis pruebe algunos términos conocidos y determinar el valor del término que falta. En el desarrollo de teoría socioecológica requiere que la hipótesis acerca de la relación entre los factores antropogénicos y los impactos sean comprobables (falseable) con pruebas empíricas, en lugar de simplemente asumidas dentro del estructura del modelo. Por ejemplo, la Hipótesis de Kuznets sugiere que la riqueza puede tener tanto un efecto no proporcional sobre los impactos y uno no monotónica⁵², donde el aumento de la riqueza en realidad puede conducir a la disminución en los impactos⁵³ [York, 2003]

Para superar esta limitación Dietz y Rosa (citados en York, 2003) reformularon la IPAT en un modelo estocástico, renombrándole STIRPAT debido a la regresión de la población, riqueza y tecnología. El modelo STIRPAT ha sido utilizado con éxito para analizar los efectos de las fuerzas impulsoras en una variedad de los impactos al medio ambiente. A diferencia de la IPAT, el modelo STIRPAT no es una ecuación contable, sino que es un modelo estocástico que se puede utilizar empíricamente para probar hipótesis. La especificación del modelo STIRPAT [York, 2003]:

Ecuación 1.....
$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i$$

La constantes del modelo es a, pero b, c, y d son los exponentes de P, A y T, respectivamente, y “e” es el término de error (en la hipótesis de proporcionalidad de la IPAT establece a = b = c = d = e = 1). El subíndice i indica que estas variables (I, P, A, T, y e) varía de acuerdo a los datos. Un modelo aditivo de regresión nos indica que dichas variables en forma logarítmica facilitan la estimación de la prueba de hipótesis. En la STIRPAT básica, T es incluida en el término de error, en lugar de estimarlo por separado, por lo que es consistente con la IPAT, donde T es la solución para equilibrar a la I, P y A. Estas modificaciones producen el siguiente modelo:

⁵¹ El primer elemento pone de relieve el potencial de amplitud de cambio, mientras que el segundo destaca la velocidad potencial de cambio. El concepto de plasticidad deja en claro que la cuestión importante para investigadores y responsables políticos, entonces, es que factores pueden ser más fácilmente de cambiar y cambiado efectivamente.

⁵² Una relación entre dos variables puede ser lineal, o monotónica o proporcional (es decir como una recta) o no lineal (es decir, exponencial, curva, etc.). Con un modelo multivariable, cada una de las variables independientes (las X) van a tener una relación específica con la variable dependiente (la Y).

⁵³ El artículo menciona la curva de Kuznets que es un modelo que relaciona la degradación ambiental con la riqueza (o affluence) de una manera no-lineal (o no-monotónica o no-proporcional). Esta tiene una forma de U invertida, por eso es no-lineal o no-monotónica.

En otras palabras, la relación gráfica o matemática de cada una es como una línea recta con respecto a la variable Y, como si las graficaras independientemente. Entonces, el modelo IPAT no cumple con la característica no-monotónica o no-lineal.

Ecuación 2..... $\log I = a + b(\log P) + c(\log A) + e$

En este modelo, a y e son, respectivamente, el registro de uno y el registro de correo de la ecuación. Tiramos el subíndice i para reducir el desorden en la ecuación [York, 2003].

En este modelo, a y e respectivamente, son el logaritmo de a y e de la primera ecuación. Los coeficientes [b y c de la ecuación STIRPAT] indican el cambio porcentual en I en respuesta a una 1% por ciento de cambio en la fuerza impulsora, por lo tanto los coeficientes STIRPAT son fáciles de interpretar. Los impactos que producen un coeficiente igual a 1.0 son conocidos como unidades elásticas, los que indican una relación proporcional entre la conducción la fuerza y el impacto, un cambio porcentual en el fuerza motriz produce un porcentaje idéntico cambiar en el impacto. Coeficientes > 1,0 sugieren una relación elástica, lo que indica que un impacto aumenta más rápidamente que la fuerza impulsora. Coeficientes <1.0 pero > 0 son indicativos de una relación inelástica, donde el impacto es menos sensible a los cambios en la fuerza motriz. Los coeficientes también pueden ser negativos. Los valores iguales -1.0 indican elasticidad de unidad negativa, lo que significa que el impacto se reduce proporcionalmente en respuesta a un aumento en la fuerza motriz. Los valores <-1.0 indican elasticidad negativa, lo que significa que el impacto disminuciones en mayor proporción a un aumento en la fuerza motriz. Valores < 0.0 pero < -1.0 indican falta de elasticidad negativa, lo que significa que el impacto disminuye en menor proporción a un aumento en el fuerza motriz [York, 2003]. Por eso tres criterios clave deben cumplir cualquier técnica para que nos ayude a medir el impacto ambiental a plazo. En primer lugar, debe permitir la evaluación de la eficiencia o intensidad. En segundo lugar, debe proporcionar un marco para la inferencia causal. En tercer lugar, debe permitir proyecciones de los impactos futuros. STIRPAT cumple con los criterios mencionados basado en la conducción de fuerzas de los coeficientes estimados.

b) Los datos.

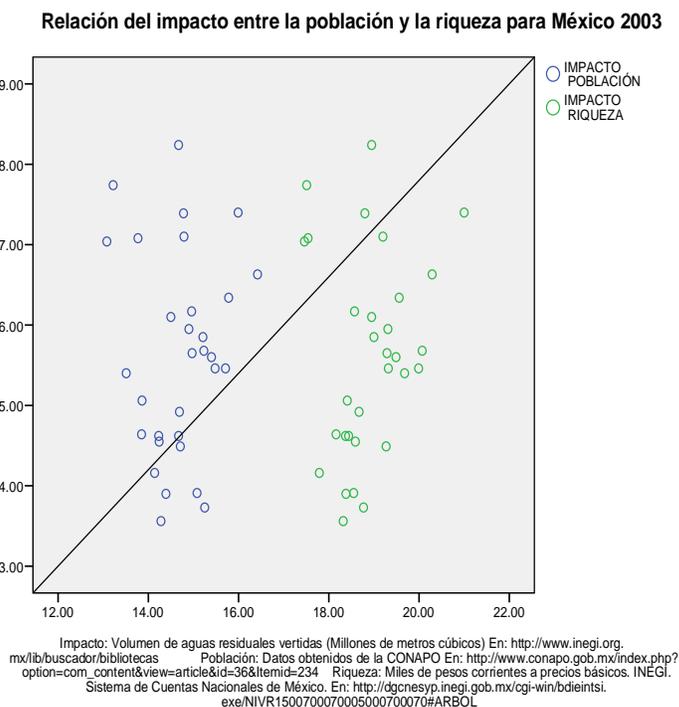
Las variables a utilizar son parte de la Ec. 2, y son impacto, población y tecnología para el país de México comprendiendo del año 2003 al 2008 por entidad federativa (ver en Anexo 1 las tablas de variables para México 2003 al 2008), uno de los problemas presentados es la ausencia de datos para ciertos años determinados con respecto a la variable impacto, por lo tanto se omitieron para los fines de no afectar la estimación del modelo, pero se hace la aclaración correspondiente, por ello se hizo la siguiente tabla:

| Tabla 3.2. Datos faltantes | |
|----------------------------|------------------------------|
| Año | Edo. |
| 2003 | Tlaxcala |
| 2004 | Tlaxcala, Coahuila |
| 2005 | DF, Tlaxcala |
| 2006 | Chih., DF, Jalisco, Tlaxcala |
| 2007 | DF, Morelos, Zacatecas |
| 2008 | DF |

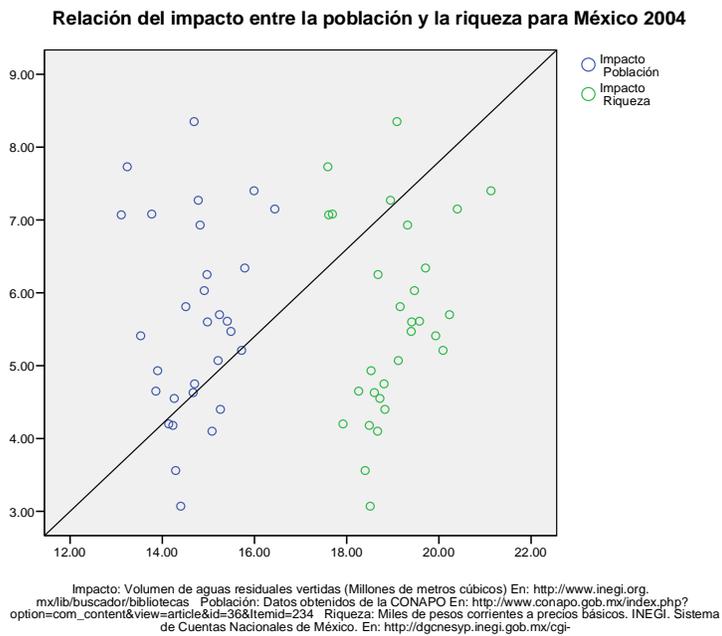
El problema es con la variable impacto es que unos datos son presentados en millones de metros cúbicos y otras en miles de metros cúbicos, y siendo inclusive de un mismo estado la información, con respecto al año anterior.

A continuación se muestran la relación de los gráficos por años, donde se muestra una relación gráfica parecida entre la variable población y riqueza, pero con la ayuda de la estimación del modelo, nos reafirmará si dicha relación es elástica o no. Se utilizaron gráficos de dispersión.

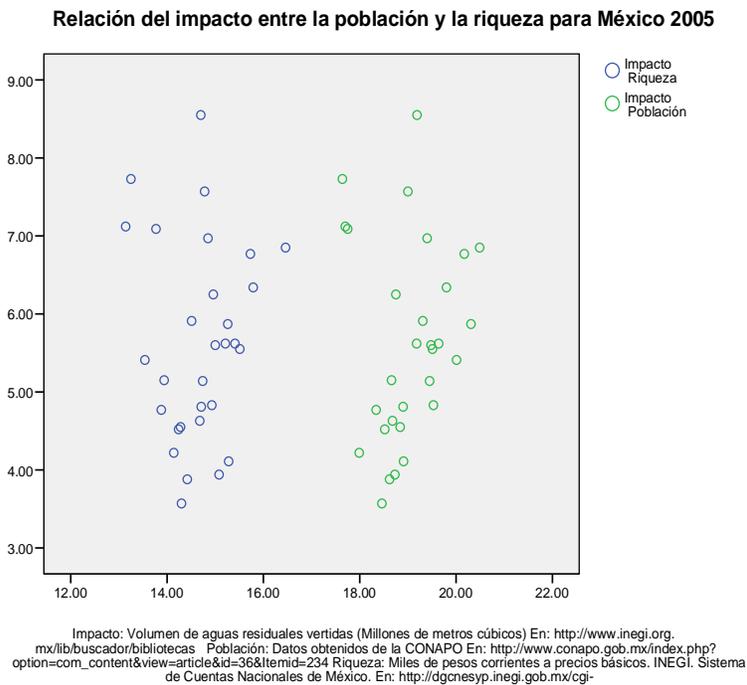
Gráfica 3.6



Gráfica 3.7

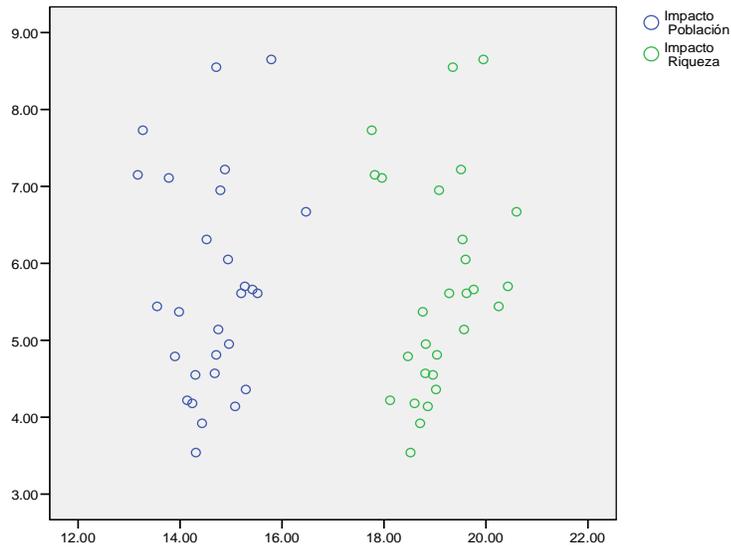


Gráfica 3.8



Gráfica 3.9

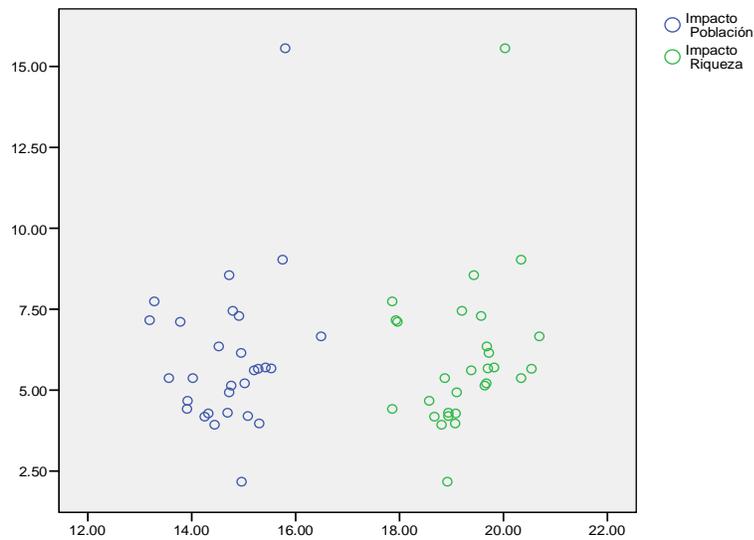
Relación del impacto entre la población y la riqueza para México 2006



Impacto: Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: <http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas> Población: Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 Riqueza: win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL

Gráfica 3.10

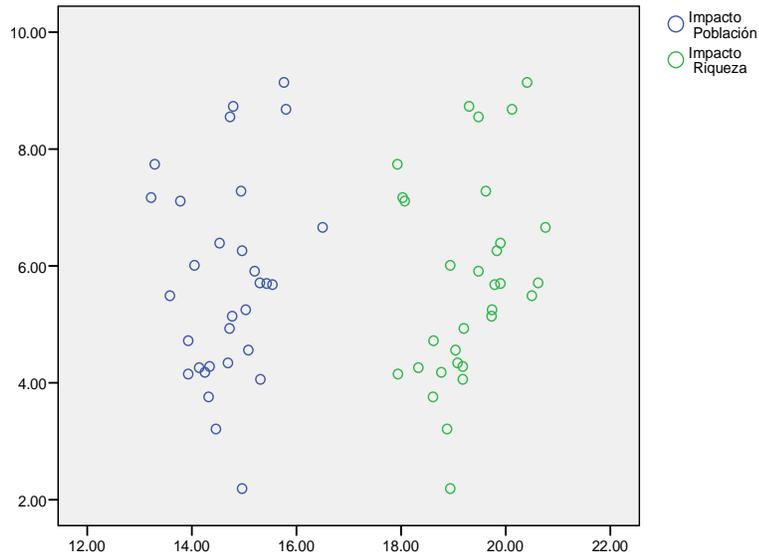
Relación entre la población y la riqueza para México 2007



Impacto: Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: <http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas> Población: Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 Riqueza: Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi->

Gráfica 3.11

Relación del impacto entre la población y la riqueza para México 2008



Impacto: Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: <http://www.inegi.org.mx/lib/buscar/bibliotecas> Población: Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 Riqueza: Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL>

c) Estimación del modelo.

Se utilizaron los logaritmos naturales de las variables de acuerdo a la transformación que sirve la normalización de la Ec. 1 y por lo tanto nuestra ecuación de referencia es la Ec. 2, además los datos son corrientes para lograr una consistencia en dicha estimación. Para eso como se especifica en la ecuación STIRPAT, utilizaremos el Análisis de Regresión, esta técnica permite cuantificar la relación existente entre las variables todas ellas cuantitativas, el término independiente no indica causa y efecto, los modelos de regresión lineal, simples, una variable exógena, múltiples, más de una variable exógena. Además se tiene dos tipos de variable la dependiente y la independiente.

Ecuación 3..... $y = a + bx$

Y=valor de la variable dependiente que se desea predecir.

a=ordenada en el origen

b=pendiente o inclinación

x=valor que fijamos a la variable independiente

Por ello vamos a pasar al tema de la ecuación de la regresión lineal múltiple :

Por tanto, con más de una variable independiente, la representación gráfica de las relaciones presentes en un modelo de regresión resulta poco intuitiva, muy complicada y nada útil. Es más fácil y práctico partir de la ecuación del modelo de regresión lineal:

Ecuación 4.....
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$$

La ecuación de regresión mínimo-cuadrática se construye estimando los valores de los coeficientes beta del modelo de regresión. Estas estimaciones se obtienen intentando hacer que las diferencias al cuadrado entre los valores observados (Y) los pronosticados (\hat{Y}) sean mínima.

Ecuación 5.....
$$\hat{Y} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_k X_k$$

Por lo tanto los supuestos del modelo de regresión (que también debe de cumplir nuestro modelo) son :

El modelo lineal se formula bajo los siguientes supuestos:

Los supuestos de un modelo estadístico se refieren a una serie de condiciones que deben darse para garantizar la validez del modelo. Al efectuar aplicaciones prácticas del modelo de regresión, nos veremos en la necesidad de examinar muchos de estos supuestos.

1. Linealidad. La ecuación de regresión adopta una forma particular. En concreto, la variable dependiente es la suma de un conjunto de elementos: el origen de la recta, una combinación lineal de variables independientes o predictivas y los residuos. El incumplimiento del supuesto de linealidad suele denominarse error de especificación. Algunos ejemplos son: omisión de variables independientes importantes, inclusión de variables independientes irrelevantes, no linealidad (la relación entre las variables independientes y la dependiente no es lineal), parámetros cambiantes (los parámetros no permanecen constantes durante el tiempo que dura la recogida de datos), no aditividad (el efecto de alguna variable independiente es sensible a los niveles de alguna otra variable independiente), etc.
2. Independencia. Los residuos son independientes entre sí, es decir, los residuos constituyen una variable aleatoria (recordemos que los residuos son las diferencias entre los valores observados y los pronosticados). Es frecuente encontrarse con residuos autocorrelacionados cuando se trabaja con series temporales.
3. Homocedasticidad. Para cada valor de la variable independiente (o combinación de valores de las variables independientes), la varianza de los residuos es constante.
4. Normalidad. Para cada valor de la variable independiente (o combinación de valores de las variables independientes), los residuos se distribuyen normalmente con media cero.
5. No-colinealidad. No existe relación lineal exacta entre ninguna de las variables independientes. El incumplimiento de este supuesto da origen a colinealidad o multicolinealidad.

Sobre el cumplimiento del primer supuesto puede obtenerse información a partir de una inspección del diagrama de dispersión: si tenemos intención de utilizar el modelo de regresión lineal, lo razonable es que la relación entre la variable dependiente y las

independientes sea de tipo lineal (veremos que existen gráficos parciales que permiten obtener una representación de la relación neta existente entre dos variables). El quinto supuesto, no-colinealidad, no tiene sentido en regresión simple, pues es imprescindible la presencia de más de una variable independiente. Veremos que existen diferentes formas de diagnosticar la presencia de colinealidad. El resto de los supuestos, independencia, homocedasticidad y normalidad, están estrechamente asociados al comportamiento de los residuos. Por tanto, un análisis cuidadoso de los residuos puede informarnos sobre el cumplimiento de los mismos.

Una medida de ajuste que ha recibido gran aceptación en el contexto del análisis de regresión es el coeficiente de determinación R^2 : el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple. Se trata de una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1 (0 cuando las variables son independientes y 1 cuando entre ellas existe relación perfecta).

3.2.2 El enfoque multivariado.

El análisis de varias variables, o análisis multidimensional o análisis multivariado no es más que el conjunto de métodos estadísticos que tienen por objeto el estudio de las relaciones existentes entre varias variables dependientes o interdependientes, que han sido medidas sobre los mismos individuos, en esencia se dedica al estudio de varias variables de modo simultáneo. Es decir, tomamos un objeto y no sólo medimos un aspecto suyo, sino que consideramos varios aspectos y tratamos de determinar la relación entre estas medidas.

Con el desarrollo de la informática se ha hecho posible desarrollar e implementar programas estadísticos que contienen las técnicas multivariadas; así todos los programas de este tipo contienen una importante técnica dedicada estas técnicas.

El análisis multivariado es la rama de la estadística y del análisis de datos, que estudia, interpreta y elabora el material estadístico sobre un conjunto de $n > 1$ de variables, que pueden ser cuantitativas, cualitativas o una mezcla.

Teniendo como objetivos:

Resumir los datos mediante un pequeño conjunto de nuevas variables con la mínima pérdida de información.

Encontrar los grupos en los datos si existen.

Clasificar nuevas observaciones en grupos definidos.

Relacionar dos conjuntos de variables.

Además tiene aplicación en diferentes disciplinas, tales como (Ayuga, 2013):

Administración de empresas: para construir tipología de clientes.

Agricultura: para clasificar cultivos por fotografía aérea.

Arqueología: clasificar restos arqueológicos.

Biometría: identificar los factores que determinan la forma de un organismo vivo.

Computación: diseñar algoritmos de clasificación automática.
Educación: para investigar la educación a distancia.
Medio ambiente: dimensiones de la contaminación ambiental.
Documentación: para clasificar revistas por su contenido.
Economía: dimensiones del desarrollo económico.
Geología: clasificar sedimentos.
Lingüística: encontrar patrones de asociación de palabras.
Medicina: para identificar tumores.
Psicología: para identificar factores que componen la inteligencia humana.

Además la clasificación de los análisis multivariados es la siguiente.

Los métodos estadísticos se deben de seleccionar en cuanto a:

La estructura de la matriz de los datos
El objetivo perseguido y
La naturaleza de esos datos

Clasificación según su estructura de datos

Según la estructura de la matriz de datos, los métodos pueden clasificarse en

1. Sin ninguna estructura particular (análisis de componentes principales y análisis factorial, conglomerados)
2. Una estructura entre individuos (análisis discriminante)
3. Ambas estructuras (análisis de correspondencias múltiples)

Clasificación según el objetivo perseguido

Los métodos son muy difíciles de clasificar pues puede haber muchos y muy diferentes, pero se agrupan en dos grandes grupos.

1. Los descriptivos
2. Los inferenciales

Métodos descriptivos o exploratorios:

1. “p” variables cuantitativas, análisis factorial (análisis de componentes principales y análisis factorial común)
2. “p” variables cualitativas y/o cuantitativas (análisis de correspondencias y métodos de conglomerados (clusters)).

A continuación describiremos los métodos a utilizar:

a) Análisis factorial.

El Análisis Factorial⁵⁴ (AF) es una técnica estadística multivariada cuya finalidad es analizar las relaciones de interdependencia existentes entre un conjunto de variables, calculando un conjunto de variables latentes, denominadas factores, que explican con un número menor de dimensiones, dichas relaciones, eso es lo que diferencia de otras técnicas, como es el análisis de regresión y el de varianza. Por esta razón el AF es una técnica de reducción de datos que permite expresar la información contenida en un conjunto de datos con un número menor de variables sin distorsionar dicha información, lo cual aumenta el grado de manejabilidad e inteligibilidad de la misma, por eso es muy conveniente tener un conocimiento previo de qué factores queremos medir y elegir las variables de acuerdo con los mismos. Actuando de esta manera el análisis gana en potencia y generalidad aumentando significativamente el grado de inteligibilidad de los resultados obtenidos

El análisis factorial tiene objetivos similares a los análisis de componentes principales. Sin embargo, existe una diferencia importante: el análisis de componentes principales no se basa en ningún modelo estadístico particular, pero el análisis factorial se basa en un modelo muy especial. Esta matriz tiene la interesante propiedad de que cualquiera de las dos filas son casi proporcionales si se ignoran las diagonales. Además especifica que las variables vienen determinadas por los factores comunes (los factores estimados por el modelo) y por factores únicos (los cuales no se superponen entre las distintas variables observadas); las estimaciones calculadas se basan en el supuesto de que ningún factor único está correlacionado con los demás, no con las factores comunes.

Los supuestos del análisis factorial:

El análisis factorial utiliza como insumo la correlación de las variables. Por lo tanto, además de ciertos requisitos del tamaño de la muestra, todos los supuestos estadísticos que se aplican al análisis de correlaciones se emplean para el análisis factorial. Los más importantes son:

1. Naturaleza de variables: deben ser continuas u ordinales
2. Distribución de las variables: debe ser cercana a la normal (Bell shape curve)
3. Tamaño de la muestra: al menos 10 observaciones por variable (item to subject ratio).

Una idea básica es que se pretenda llegar a un cálculo de esos factores:

- (a) resumiendo información
- (b) clarificando las relaciones entre ellas y
- (c) sin pérdida excesiva de información.

Spearman propuso la idea de que las seis puntuaciones de las pruebas son de la siguiente manera

Ecuación 6 $X_i = a_i F + e_i$

⁵⁴ El análisis de varianza o el de regresión, en el análisis factorial todas las variables del análisis cumplen el mismo papel, todas ellas son independientes en el sentido que no existen a priori una dependencia conceptual de unas variables sobre otras.

donde X_i es el i -ésimo resultado estandarizado con media cero y desviación estándar de uno, a_i es una constante, F es valor del factor, que tiene media cero y una desviación estándar de uno para las partes en su conjunto y e_i es parte de X_i que es específica sólo para la prueba i -ésima.

Aparte de las divisiones de correlación constantes también se deduce que la varianza de X_i está dada por

Ecuación 7
$$\begin{aligned} var(X_i) &= var(a_i F + e_i) \\ &= var(a_i F) + var(e_i) \\ &= a_i^2 var(F) + var(e_i) \\ &= a_i^2 + var(e_i) \end{aligned}$$

siendo a_i es la constante, F y e_i son independientes, y la varianza de X_i que es explicada por los factores.

Sobre el trabajo de Spearman se formularon dos pruebas mentales de la teoría de factores: cada resultado de prueba se compone de dos partes, una que es común en todas las pruebas (inteligencia general), y otro que es específica para probar. Más tarde, esta teoría se modificó para permitir que cada resultado de la prueba consista en una parte debido a que varios factores comunes son una parte específica de la prueba. Esto le da a modelo de análisis factorial general:

Ecuación 8
$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + e_i$$

donde X_i es la calificación de la i -ésima prueba con media cero y varianza unitaria; $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$ son el factor para las i -ésimas pruebas; F_1, F_2, \dots, F_m están correlacionadas m factores comunes, cada uno con media cero y varianza unitaria, significa, y e_i un factor específico sólo a la i -ésima prueba, que no existe correlación con cualquiera de los factores comunes y aparte tiene media igual a cero.

por lo tanto

Ecuación 9 ...
$$\begin{aligned} var(X_i) = 1 &= a_{i1}^2 var(F_1) + a_{i2}^2 var(F_2) + \dots + a_{im}^2 var(F_m) + var(e_i) \\ &= a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 + var(e_i) \end{aligned}$$

donde $a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2$ se llama la comunalidad de X_i (la parte de su varianza que se relaciona con los factores comunes), mientras que $var(e_i)$ se llama la especificidad de X_i (la parte de su varianza que no está relacionada con los factores comunes). También se puede establecer la correlación entre X_i y X_j , por lo tanto:

Ecuación 10
$$r_{ij} = a_{i1}a_{j1} + a_{i2}a_{j2} + \dots + a_{im}a_{jm}$$

Por lo tanto dos resultados de las pruebas sólo pueden ser altamente correlacionadas si tienen altas cargas sobre los mismos factores. Además, $-1 \leq a_{ij} \leq +1$ es el parámetro que maneja la comunalidad.

Procedimiento para el análisis de los factores.

Los datos para el análisis factorial tienen la misma forma que para el análisis de componentes principales. Hay tres etapas en el análisis factorial. Para comenzar, se determina el factor provisional de cargas a_{ij} . Una forma de hacer esto, es hacer un análisis de componentes principales y el abandono de todos los componentes principales después de la primera m , que a su vez llevaron a ser los factores de la misma. Los factores que se encuentran de esta manera, entonces son correlacionados entre sí y a su vez con los factores específicos.

De cualquier manera se determinan las cargas provisionales de los factores, es posible demostrar que no son los únicos. Si F_1, F_2, \dots, F_m son los factores provisionales, a continuación, las combinaciones lineales de estos son de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 11} \quad \dots\dots\dots F'_1 &= d_{11}F_1 + d_{12}F_2 + \dots + d_{1m} + F_m \\ F'_2 &= d_{21}F_1 + d_{22}F_2 + \dots + d_{2m} + F_m \\ &\quad \vdots \\ F'_m &= d_{m1}F_1 + d_{m2}F_2 + \dots + d_{mm} + F_m \end{aligned}$$

Hay un número infinito de soluciones alternativas para el modelo de análisis factorial, y esto conduce a la segunda etapa en el análisis, que se denomina factor de rotación. Así, los factores provisionales se transforman con el fin de encontrar nuevos factores que son más fáciles de interpretar. La última etapa del análisis consiste en el cálculo de las puntuaciones de los factores. No son los valores de los factores F_1, F_2, \dots, F_m para cada uno de los individuos. Cuando se utiliza un análisis de componentes principales para encontrar una solución provisional, una regla empírica es elegir m igual al número de valores propios mayores que la unidad de la matriz de correlación de los resultados de las pruebas. Un factor que se asocia con un valor propio menor que la unidad explica una menor variación en los datos globales de las puntuaciones con respecto a las pruebas originales.

El factor de rotación puede ser ortogonal u oblicuo. En la rotación ortogonal los nuevos factores están correlacionados. Cualquiera que sea el tipo de rotación que se utiliza, es deseable que el factor debería ser cercano a cero o diferente del mismo.

Un método de rotación de factores ortogonales que se utiliza a menudo se llama rotación varimax. Por lo tanto, la rotación Varimax maximiza la suma de estas diferencias para todos los factores. H.F. Kaiser fue pionero en este enfoque. Más tarde se modificó por la normalización de los pesos de los factores antes maximizar las varianzas de sus cuadrados, ya que al parecer da mejores resultados. Por lo tanto, la rotación Varimax puede llevarse a cabo con o sin normalización de Kaiser. Se han propuesto numerosos otros métodos de rotación ortogonal. Sin embargo, varimax se recomienda como método estándar.

A veces, los análisis factoriales están dispuestos a renunciar a la idea de los factores que están correlacionados con el fin de que el factor de carga debe ser lo más simple posible. Una rotación oblicua puede entonces dar una solución mejor que una de tipo ortogonal.

El AF consta de cuatro fases características; el cálculo de una matriz capaz de expresar la variabilidad conjunta de todas las variables, la extracción del número óptimo de factores, la rotación de la solución para facilitar su interpretación y la estimación de las puntuaciones de los sujetos de las nuevas dimensiones

De tal manera simplifica la modelización convirtiendo, por eliminación de redundancias expresadas en altas correlaciones entre variables, un amplio conjunto de variables en factores "estructurales".

La interpretación de los resultados se lee, que los factores se asociaron

Comunalidad:

Uno de los términos más clásicos del análisis factorial expresa la parte de cada variable (su variabilidad) que puede ser explicada por los factores comunes a todas ellas.

Especificidad:

Es el término opuesto a comunalidad ya que expresa la parte específica de cada variable que escapa a los factores comunes.

Selección de la muestra es:

Amplitud: Cuanto mayor ratio observaciones/variables, mejor. (receta: N° observaciones 5 veces mayor que el de variables). Una ratio reducida aumenta las posibilidades de encontrar correlaciones espurias, propias de la muestra, no de la población general.

Heterogeneidad: Evidente pero a veces se olvida: una muestra de objetos/sujetos homogénea no contiene información.

Extracción de factores:

Nos referimos al cálculo analítico de los factores a partir de las variables originales.

La extracción implicará:

1. Decidir el método analítico, matemático de cálculo de los mismos.
 - a) Factorial por componentes principales: El análisis explora toda la varianza de cada variable: la común al resto, la específica y la debida a errores de observación.
Recomendable para reducción de datos
Recomendable en conjuntos con varianza común elevada
 - b) Factorial común: El análisis explora sólo la parte común al resto, de la varianza de cada variable.

2. Seleccionar el número de factores que son necesarios para captar una cantidad razonable de información de los datos originales
 - a) Valor de los autovalores o raíces latentes
 - b) Selección a priori (modelo teórico conocido)
 - c) Utilidad práctica (conceptual) de los factores
 - d) % global varianza original explicada
 - e) contraste de caída en la comunalidad acumulada

Interpretación y rotación (Martínez, 2013):

La matriz de cargas, factorial o de componentes relacionarán factores y variables para aproximarnos a su significado. (Matriz de estructura: Matriz que contiene los coeficientes de correlación entre factores y variables originales. Para factores ortogonales coincide con la de cargas).

A la hora de valorar si una carga expresa relación o no (es suficientemente elevada), deberemos ser tanto más exigentes cuanto:

Menor sea el tamaño muestral.

Menos variables se incluyan en la factorial.

El factor analizado sea de los últimos extraídos.

Rotación: para qué rotar. Los ejes factoriales se rotan para mejorar la interpretabilidad de los factores, de forma que aumenten unas saturaciones y disminuyan otras. Se mantiene la solución general pero cambian los factores individuales para que sean más interpretables.

Rotaciones ortogonales

Varimax: método de rotación ortogonal que minimiza el número de variables que tiene saturaciones altas en cada factor. Simplifica la interpretación de los factores.

Quartimax: Método de rotación que minimiza el número de factores necesarios para explicar cada variable. Simplifica la interpretación de las variables.

Equamax: Método de rotación que es combinación del método varimax, que simplifica los factores, y el método quartimax, que simplifica las variables. Se minimiza tanto el número de variables que saturan alto en un factor como el número de factores necesarios para explicar una variable.

Rotaciones oblicuas

Oblimin directa

Método de rotación oblicua (no ortogonal). Cuando delta es igual a cero (valor por defecto) las soluciones son las más oblicuas. A medida que delta se va haciendo más negativo, los factores son menos oblicuos. Para anular el valor por defecto 0 para delta, introduzca un número igual que 0.8.

Promax

Rotación oblicua que permite que los factores estén correlacionados. Puede calcularse más rápidamente que una rotación oblimin directa, por lo que es útil para conjuntos de datos grandes.

Permite incluir los resultados de:

Solución rotada: Debe de seleccionarse un método de rotación para obtener la solución rotada. Para las rotaciones ortogonales, se muestra la matriz de configuración rotada y la matriz de transformación. Para las rotaciones oblicuas se muestran las matrices de estructura, de configuración y de correlaciones entre los factores.

Si esta misión es difícil, la rotación elimina ambigüedades, ayudando a hacerlo:

Rotaciones ortogonales (Varimax, Equamax, Cuartimax): Es conceptualmente menos realista, pero maximiza la varianza "explicada" y, en ocasiones, la ortogonalidad resulta útil.

Rotaciones oblicuas (Oblimin):

Es más realista (es difícil suponer ortogonalidad conceptualmente), suele ofrecer resultados más claros y además aporta información sobre la relación entre factores.

Detalle técnico.

Algo más sobre el análisis de correlaciones.

- a) En general, la mayor parte de las variables deben estar relacionadas de forma importante.
- b) Todas las variables deben estar relacionadas con, al menos, otra del conjunto.
- c) Las correlaciones parciales no indican presencia de factores subyacentes comunes.

Matriz anti-imagen: Matriz de correlaciones parciales.

Test de "esfericidad" de Bartlett: test paramétrico basado en el determinante transformado de la matriz de correlaciones: permite contrastar la doble hipótesis de que los elementos de la diagonal principal de la matriz son la unidad y el resto cero.

Test Kaiser–Mayer–Olkin: Ratio sencilla entre correlaciones simples entre parciales + simples debe ser cercano a 1. La misma medida puede elaborarse para una sola variable atendiendo sólo a sus relaciones con el resto de variables (Test MASi)

Método Varimax

Se trata de un método de rotación que minimiza el número de variables con cargas altas en un factor, mejorando así la capacidad de interpretación de factores. Este método considera que si se logra aumentar la varianza de las cargas factoriales al cuadrado de cada factor consiguiendo que algunas de sus cargas factoriales tiendan a acercarse a uno mientras que

otras se acerquen a cero, lo que se obtiene es una pertenencia más clara e inteligible de cada variable a ese factor. Los nuevos ejes se obtienen maximizando la suma para los k factores retenidos de las varianzas de las cargas factoriales al cuadrado dentro de cada factor.

Para evitar que las variables con mayores communalidades tengan más peso en la solución final, suele efectuarse la normalización de Kaiser consistente en dividir cada carga factorial al cuadrado por la comunalidad de la variable correspondiente. En consecuencia, el método varimax determina la matriz B de forma que se maximice la suma de las varianzas (Figueras, 2013):

$$V = p \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \left(\frac{b_{ij}}{h_j} \right)^4 - \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^p b_{ij}^2 \right)^2$$

Ecuación 12.....

Cálculo del índice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin). El índice KMO se define como

$$KMO = \frac{\sum \sum_{j \neq k} r_{jk}^2}{\sum \sum_{j \neq k} r_{jk}^2 + \sum \sum_{j \neq k} a_{jk}^2}$$

Ecuación 13.....

donde r_{jk} mide la correlación lineal simple entre las variables observadas j y k; y a_{jk} es el coeficiente de correlación parcial entre j y k. Lo que trata de medir este índice es que haya fuerte correlación simple entre las variables, por sí misma, y que además el efecto de correlación entre dos variables no se deba al resto de las otras variables que es lo que mide precisamente el coeficiente de correlación parcial. Es decir la situación ideal que este último coeficiente no perturbe a los coeficientes lineales, de modo que un índice KMO próximo a 1 es óptimo. Está comúnmente aceptado que:

- (a) Si $KMO < 0.5$ no resultaría aceptable para hacer un análisis factorial
- (b) Si $0.5 < KMO < 0.6$ grado de correlación medio, y habría aceptación media en los resultados del análisis factorial.
- (c) Si $KMO > 0.7$ indica alta correlación y, por tanto, conveniencia de un análisis factorial. (Martínez, 2013)

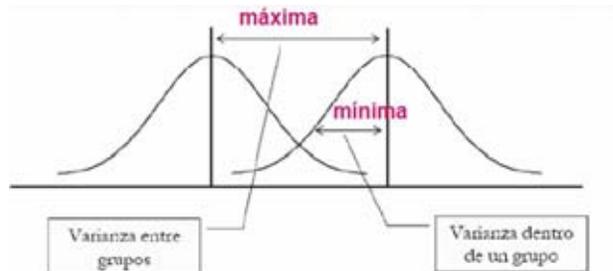
b) Análisis jerárquico o de clúster.

El análisis de clústeres también conocido como análisis de conglomerados o reconocimiento de patrones, es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es separar un conjunto de objetos en grupos (o clústeres) de forma de que:

- a) Los objetos de un mismo grupo sean bien similares entre sí (cohesión interna del grupo).
- b) Y los objetos de grupos diferentes sean lo más diferentes que se pueda (aislamiento externo)

Se utiliza el principio de maximización de la varianza intergrupual mientras se minimiza la varianza intragrupal.

Grafica 3.12. Análisis clúster.



Procedimiento para la realización de un análisis de conglomerados (Jiménez, 2013).

Esquema general⁵⁵.

1. Formular el problema. Selección de variables en las que se basará la agrupación. Además deben de ser relevantes para el objetivo buscado, deben ser capaces de establecer diferencias entre los distintos individuos u objetos y deben de ser observables o fáciles de medir.
Si las unidades de medición de las variables seleccionadas son muy diferentes, conviene estandarizar las variables. Lo que se consigue con ello es eliminar las diferencias introducidas por las escalas de medidas de ellas, también detección de valores extremos (outliers).
2. Seleccionar medida de similitud. Los objetos con distancias reducidas entre ellos, son más parecidos entre sí que aquellos con distancias mayores.
3. Elección método de agrupación.
 - 3.1. Métodos jerárquicos: los objetos se agrupan (dividen) por partes hasta clasificar todos los objetos y no requiere fijar un número de clústeres o grupos.
 - 3.1.1. En cada iteración se determina un criterio de aglomeración/división formando un dendograma. La estructura de árbol o dendograma nos indica explícitamente las relaciones entre objetos, se distinguen dos tipos de métodos:
 - 3.1.1.1. Aglomerativos. Parten de los elementos individuales y los van agregando a grupos, hasta llegar a un único grupo.
 - 3.1.1.2. Divisivos. Parten del conjunto de elementos y lo van dividiendo sucesivamente hasta llegar a los elementos individuales.
 - 3.2. Métodos de capa única: se tiene un número de grupos predefinidos y cada se ubica en un grupo hasta alcanzar estabilidad en los valores de los centroides y requiere generalmente, fijar a priori un número de clústeres
 4. Decidir número de grupos. No existe regla general. Dependen de:
 - 4.1. Consideraciones estratégicas o comerciales.

⁵⁵ Nota: si las medidas están más cercanas, se lee que son similares entre si, y la más distante es la más lejana, y entre más cercanos se lee que son homogéneos

- 4.2. Consideraciones presupuestarias.
- 4.3. En los jerárquicos, observar los cambios en las distancias en que los grupos se mezclan (uso del dendograma). Puede graficarse la razón (varianza intragrupal)/(número de grupos) y detectar cambios.
Los tamaños de los grupos deben de ser significativos y pocos para poderles poner alguna etiqueta.
5. Interpretar los grupos.
 - 5.1. Debe de buscarse una semántica que diferencie a los objetos de cada grupo.}
 - 5.2. Dos enfoques complementarios:
 - 5.2.1. Análisis y comparación de los centroides de cada grupo.
 - 5.2.2. Análisis gráfico para determinar la variables que marcan diferencias significativas.
6. Evaluar validez.

El dendograma, gráfico más representativo de este tipo de análisis, asume la forma de un árbol de clasificación en el que es posible observar con toda claridad la forma y el número de los grupos que se van formando. En este gráfico es el eje de ordenadas el que adquiere verdadero protagonismo pues representa los distintos niveles de similitud en torno al cual se han ido agrupando las unidades de análisis en función de la medida elegida. Por su parte, en el eje de abscisas únicamente se identifican los casos u observaciones. El problema de esta representación gráfica, es que sólo se puede emplear cuando el número de casos es reducido ($n < 200$). Constituye un resumen de la información original presente en la matriz de distancias o similitudes y la información que presenta será más útil cuanto más agrupado sean los datos que represente.

Se han propuesto muchos algoritmos para análisis clúster. Aquí la atención se limita a las siguientes dos enfoques particulares. En primer lugar, hay técnicas jerárquicas que producen un dendograma. Estos métodos comienzan con el cálculo de las distancias de cada individuo sobre todos los demás e incluso los grupos se forman entonces por un proceso de aglomeración o división, como consecuencia los objetos comienzan siendo individuales, hasta que el final llega a ser un grupo. Con aglomeración de todos los objetos comienzan siendo grupos solo de uno, y se van fusionando gradualmente hasta que, finalmente, todas las personas estén en uno mismo. El segundo implica el particionamiento con los objetos que les permite moverse dentro y fuera de los grupos en diferentes etapas del análisis.

El problema del análisis clúster está diseñado para resolver lo siguiente: dada una muestra de n objetos, cada uno de los cuales tiene una puntuación en p variables idear un plan para agrupar los objetos en clases para que otros similares se encuentran dentro del mismo. El método debe ser totalmente numérico y no se conoce el número de clases. Hay muchas razones por las que el análisis clúster puede valer la pena. En primer lugar, puede ser una cuestión de formar verdaderos grupos. En segundo lugar, es útil para la reducción de datos.

Los métodos jerárquicos divisivos se han utilizado con menos frecuencia que los aglomerantes. Siendo una prueba razonable de cualquier algoritmo consiste en tomar un conjunto de datos con una estructura del grupo conocido y ver si es capaz de reproducir tal estructura.

En algunos casos surgirán dificultades debido a la forma de los clústers. Por supuesto, los grupos sólo pueden basarse en las variables obtenidas de los datos. Por lo tanto deben ser relevantes para formar una clasificación, que dicho sea una elección diferente de las variables, al parecer igualmente razonable, pueden dar diferentes clústers.

Un problema aquí es que los grupos obtenidos pueden ser bastante sensibles a la elección particular de las variables que se hace. Una elección diferente de las variables, al parecer igualmente razonable, puede dar diferentes clústers.

La distancia para un análisis de clúster por lo general consiste de los valores de p variables X_1, X_2, \dots, X_p de n objetos. Para algoritmos jerárquicos estos valores se utilizan entonces para producir una matriz de distancias entre los valores individuales. Aquí basta con decir que la función de distancia euclidiana.

$$\text{Ecuación 14.} \dots \dots \dots d_{ij} = \sqrt{\left\{ \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \right\}}$$

Se utiliza con mayor frecuencia para las variables cuantitativas, donde x_{ij} es el valor X_k para el valor individual i y x_{jk} es el valor de la misma variable del valor individual j .

Por lo general, las variables son estandarizadas de alguna manera antes de que se calculen las distancias, de modo que todas las variables p son igualmente importantes en la determinación de estas distancias. Esto se puede hacer mediante la codificación de manera que los promedios sean todos cero y las varianzas sean uno. Alternativamente, cada variable puede ser codificada para tener un mínimo de cero y un máximo de uno.

El análisis de componentes principales con el análisis de clúster.

Algunos algoritmos del análisis clúster comienzan haciendo un análisis de componentes principales para reducir un gran número de variables originales con respecto al número de componentes principales. Esto puede reducir drásticamente el tiempo de cálculo para el análisis clúster. Sin embargo, se sabe que los resultados de dicho análisis pueden ser bastante diferentes con o sin el análisis inicial de componentes principales. Por lo tanto un primer análisis de componentes principales es probablemente mejor evitar. Por otro lado, cuando los dos primeros componentes principales representan un alto porcentaje de variación en los datos de una parcela de individuos en contra de estos dos componentes es sin duda una forma útil para buscar clústers.

El primer paso en el análisis es acerca del requisito media de cero y una desviación estándar de uno.

El siguiente paso involucró el cálculo de las distancias euclidianas entre los pares de las variables. Se hizo utilizando ecuaciones en los valores de los datos normalizados. Por último, un dendrograma fue formado por la aglomeración, de los datos cercanos, proceso jerárquico que se describe anteriormente.

Capítulo 4. Análisis de resultados y discusión.

4.1. Análisis de resultados.

De hecho el tema ambiental cobró dimensiones internacionales sólo hasta mediados del siglo XX, a partir del conocimiento y difusión de los medios de comunicación tales como los miles que se nos han presentado durante nuestra vida, por ello se toma un punto demasiado importante, como lo es la degradación nacional del agua en nuestro país, por ello de acuerdo con los resultados de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, impulsada por las Naciones Unidas, se ha concluido que si bien los cambios en los ecosistema en los ecosistemas naturales han contribuido a obtener considerables beneficios netos en términos de bienestar humano y desarrollo económico y desarrollo económico, estos se han logrado con crecientes costos, tanto por la degradación de muchos de los servicios que brindan los ecosistemas. (Semarnat, 2005) Por tal motivo el reclamo de la sociedad por atender y solucionar los problemas ambientales confrontó al gobierno con la preocupante realidad de la insuficiencia del conocimiento e información de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales que permitiera evaluar objetivamente tanto los factores de presión, como la respuesta de estos a las acciones implementadas para detener y revertir su deterioro. Uno de los pasos necesarios para formular estrategias y políticas de gobierno que conjunten armónicamente el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente es contar con información suficiente y confiable sobre la situación del medio ambiente, así de como los factores que presionan su integridad y la efectividad de sus acciones que se implementan para detener y, eventualmente, detener su deterioro.

En este capítulo vamos a hacer un análisis correspondiente a los coeficientes, enfocándonos sobre la variable impacto, y evaluando el modelo con el estadístico R^2 para determinar el factor explicativo del mismo. También vamos a tocar aspectos legales para respaldar nuestro análisis, y de esta forma contar con herramientas para realizar recomendaciones. Por ello la Comisión Nacional del agua realiza la medición sistemática de la calidad del líquido a través de su Red Nacional de Monitoreo (RNM). En 2004, la RNM contaba 964 sitios, de los cuales 379 corresponden a la red primaria, con 210 ubicados en cuerpos de aguas superficiales, 42 en zonas costeras y 127 en acuíferos. En la red secundaria se tenía 283 estaciones, de las cuales 232 estaban localizadas en aguas superficiales, 21 en zonas costeras y 30 en aguas subterráneas. En 2003, según el Índice de Calidad del Agua (ICA), muestra que ninguno de los cuerpos de agua monitoreadas estaba la categoría de excelente

(valores mayores a 85) y 11% tenía valores de entre 70 y 84, lo cual se considera aceptable. La mayor proporción 54% se encontraba en el intervalo de 50 a 69, que resulta aceptable para abastecimiento público, siempre y cuando haya recibiendo un tratamiento público, siempre y cuando haya recibido un tratamiento mayor, y no recomendable para uso recreacional, además de que puede afectar especies sensibles de vida acuática; no requiere tratamiento para su uso agrícola o industrial. El 23% de los cuerpos de agua se encontraba en la categoría de contaminados (30 a 49), por lo que el líquido sólo podría tener uso industrial, o agrícola con tratamiento; su empleo para otros fines sería dudoso. Finalmente, el 11% de cuerpos de agua monitoreados se encontraba altamente contaminado (ICA menor a 30), lo que los vuelve prácticamente.

Conforme a los resultados de ICA en 2003, la región hidrológica administrativa con mayores problemas de contaminación era la de aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, con 55% de sus cuerpos de agua monitoreados, seguida por la Península de Baja California, con 36%. La Región Noroeste era la que presentaba el líquido de mejor calidad con %80 de sus cuerpos de agua en la categoría aceptable. En la Región Lerma-Santiago-Pacífico 45% de sus sitios de monitoreo. En las demás regiones la mayor parte de sus estaciones de monitoreo aparecieron como poco contaminadas [Semarnat, 2004].

A partir del año 2003, con la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos se clasifican como peligrosos, sólidos urbanos y especiales. Dicha ley tiene como objetivo principal propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valoración y la gestión integral de los tres tipos de residuos; la prevención de contaminación de sitios y la remediación de sitios contaminados [Semarnat, 2004].

Ahora vamos a pasar a los resultados estimados con el paquete estadístico SPSS:

Tabla 4.1 Coeficiente de determinación de R^2 de los modelos para México 2003-2008

| Año | Valor |
|------|-------|
| 2003 | .051 |
| 2004 | .061 |
| 2005 | .023 |
| 2006 | .041 |
| 2007 | .070 |
| 2008 | .093 |

Fuente:Elaboración a partir de las estimaciones anteriores.

Un análisis importante son los valores sobre R^2 cuadrado no son los óptimos o como se menciona valores cercanos a 1.00, siendo que oscilan de .023 a .093 en la tabla Coeficiente de determinación de R^2 de los modelos para México 2003-2008, nos indica que como pasa el tiempo, un posible pronóstico con la ayuda de las variables independientes (riqueza y población), nos ayuda a saber más acerca de ellas y conforme pasa el tiempo se vuelven más dependientes (más para el año 2008).

También otro estadístico importante es el estadístico F(ver tabla error típico de los residuos) contrasta la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero y, por tanto,

nos permite decidir si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente y el conjunto de variables independientes tomadas juntas. El valor del nivel crítico Sig. = 0,000 indica que sí existe relación lineal significativa. Podemos afirmar, por tanto, que el hiperplano definido por la ecuación de regresión ofrece un buen ajuste a la nube de puntos, pero en la siguiente tabla sólo para los años 2007 y 2008 son los que mostraron una mejor relación con el modelo.

| Año | Valor |
|------|-------|
| 2003 | 1.28 |
| 2004 | 1.32 |
| 2005 | 1.30 |
| 2006 | 1.41 |
| 2007 | .070 |
| 2008 | .093 |

Fuente: Elaboración a partir de las estimaciones anteriores.

Ahora a continuación se muestran los modelos correspondientes de 2003 al 2008, en ellos se especifica la constantes y los coeficientes, tomadas de las tablas modelo del impacto para México.

Ecuación 15..... $impacto = .870 - .34 población + .558 riqueza$
 Ecuación 16..... $impacto = .483 - .332 población + .578 riqueza$
 Ecuación 17..... $impacto = 1.987 - .255 población + .338 riqueza$
 Ecuación 18..... $impacto = -.475 - .251 población + .514 riqueza$
 Ecuación 19..... $impacto = -9.661 + .188 población + .669 riqueza$
 Ecuación 20.... $impacto = -6.274 - .306 población + .855 riqueza$

Ahora vamos a tomar solamente los coeficientes de regresión parcial:

| Año | Coeficientes | | Interpretación de resultados | |
|------|--------------|---------|--|--------------------------------------|
| | Población | Riqueza | Población | Riqueza |
| 2003 | -.34 | .558 | Elasticidad negativa porque 0.0 pero <-1.0 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 |
| 2004 | -.332 | .578 | Elasticidad negativa porque 0.0 pero <-1.0 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 |
| 2005 | -.255 | .388 | Elasticidad negativa porque 0.0 pero <-1.0 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 |
| 2006 | -.251 | .514 | Elasticidad negativa porque 0.0 pero <-1.0 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 |
| 2007 | .188 | .669 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 |
| 2008 | -.306 | .855 | Elasticidad negativa porque 0.0 pero <-1.0 | Inelástico, porque coef <1.0 pero >0 |

Fuente: Datos tomados de las estimaciones de las tablas modelo del impacto del 2003 -2008

El modelo estimado es tal vez sencillo pero significativo, porque debido a la ayuda de los estadísticos, nos está mostrando, por un lado que poco a poco se van mostrando la dependencia entre variables, por un lado en el año 2007, el país en su variable de población con el 0.188, fue el único año donde se comportó de manera positiva para explicar los impactos, y por otro lado en el aspecto de la magnitud y significatividad del coeficiente confirman que la riqueza es el factor más relevante para explicar la variabilidad observada en el valor de la huella a través de los años a nivel nacional e inclusive para el año 2008, la estimación es de 0.855, y que quien incide más en la degradación del agua es la actividad económica del país y mientras más vaya produciendo nuestro país más contaminación tendremos.

Por tal motivo se tiene que enriquecer el estudio con las mencionadas variables, para poder darle un sentido más realista se incorporaron de la siguiente manera:

1. Impacto.
2. Población.
3. Riqueza medida por el PIB.
4. Capacidad de tratamiento.
5. Generación de residuos sólidos urbanos.
6. Sup. de cuerpos de agua.
7. Sup. reforestada.
8. Sup. de agricultura.
9. Sup. de bosque.
10. Sup. de áreas urbanas.

Aunque sólo es para el año del 2005, debido a la disponibilidad de datos. De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio presentada en el 2004, las evidencias indican que la actividad humana está ejerciendo tal presión sobre las funciones naturales de la Tierra que ya no puede garantizarse la capacidad de los ecosistemas para sustentar muchas de las necesidades de las nuevas generaciones. Más aún, se prevé que en las próximas décadas, en la medida que aumenten las demandas de la población, los ecosistemas estarán sujetos a presiones aún más fuertes, todo ello con el riesgo de un mayor debilitamiento de la infraestructura natural de la que depende la sociedad humana. (Semarnat, 2005) El suelo es considerado es considerado natural y frágil y no renovable, debido a que resulta difícil y costoso recuperarlo o, incluso, mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado por las fuerzas abrasivas del agua y el viento o deteriorado físicamente o químicamente. El suelo realiza un gran número de funciones clave tanto ambientales como económicas, sociales y culturales que son esenciales para la vida. Es indispensable para la producción de alimentos y el crecimiento vegetal, almacena minerales, materia orgánica, agua y otras sustancias químicas y participa en su transformación, sirve de filtro natural para las aguas subterráneas; es hábitat de una gran cantidad de organismos; proporciona materias primas para la construcción (arcilla, arenas, minerales, etc.) y es un elemento del paisaje y del patrimonio cultural⁵⁶[Semarnat, 2005].

⁵⁶ La erosión provocada por el agua es la forma más común de degradación del suelo en el mundo. Cada año los ríos acarrear al océano más de 24 mil millones de tierras cultivables; si se juntara todo el suelo que ha sido

Ante esto los datos nos arrojaron, lo siguiente

El análisis factorial es un modelo estadístico de partida supone la existencia de unas variables no observadas o latentes denominadas factores, a partir de las cuales se obtienen.

Análisis factorial

El análisis pretende simplificar la información, por eso en la siguiente tabla se encuentra la solución factorial propiamente dicha. Contiene las correlaciones entre las variables originales (o saturaciones) y cada uno de los factores. Conviene señalar que esta matriz cambia de denominación dependiendo del método de extracción elegido. En este caso se denomina matriz de componentes o matriz de estructural factorial.

El primer paso, es mostrar el valor de estos dos estadísticos, en el caso del estadístico de Kaiser, nos muestra que no es apropiado hacer un análisis factorial, pero la significancia de la prueba de esfericidad de Bartlett es menor a 0.05, por lo tanto es idóneo realizar un análisis factorial.

Tabla 4.4 KMO y prueba de Bartlett^a

| | | |
|--|-------------------------|---------|
| Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin. | | .436 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Chi-cuadrado aproximado | 138.392 |
| | Gl | 45 |
| | Sig. | .000 |

a. Basado en correlaciones

La matriz de comunalidades tiene bastante aceptación al ser reescalada, mostrando valores de 1.

Tabla 4.5. Comunalidades

| | Bruta | Reescalada |
|----------------|---------|------------|
| | Inicial | Inicial |
| ln(Imp) | 2.056 | 1.000 |
| ln(Pobl) | .652 | 1.000 |
| ln(Rique) | 2.837 | 1.000 |
| ln(capac trat) | 1.285 | 1.000 |
| ln(gen_resid) | 2.098 | 1.000 |
| sqrt(Sup_agua) | .004 | 1.000 |
| sqrt(sup_ref) | .041 | 1.000 |

arrastrado por la erosión hídrica en el mundo en los últimos 20 años, equivaldría a toda la capa del suelo cultivable de los terrenos agrícolas de E.U. [Semarnat, 2004].

| | | |
|-----------------|------|-------|
| sqrt(sup_agric) | .035 | 1.000 |
| sqrt(sup_bosq) | .023 | 1.000 |
| sqrt(sup_urb) | .011 | 1.000 |

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Por la tanto la matriz, nos recomienda que para hacer un análisis más profundo es la relación de las primeras cuatro variables, obteniendo un porcentaje mayor del 75%, que a su vez nos da un valor del 96%. Esto nos arroja que el impacto es conveniente relacionarse con la población, la riqueza y la capacidad de tratamiento.

Tabla 4.6.

| Varianza total explicada | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------------|------------------|-------------|---|------------------|-------------|--------|
| Componente | Autovalores iniciales ^a | | | Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación | | | |
| | Total | % de la varianza | % acumulado | Total | % de la varianza | % acumulado | |
| Bruta | 1 | 3.167 | 35.035 | 35.035 | 2.562 | 28.338 | 28.338 |
| | 2 | 2.604 | 28.806 | 63.842 | 2.905 | 32.136 | 60.474 |
| | 3 | 1.908 | 21.107 | 84.949 | 1.042 | 11.532 | 72.006 |
| | 4 | 1.001 | 11.075 | 96.024 | 2.171 | 24.018 | 96.024 |
| | 5 | .277 | 3.067 | 99.091 | | | |
| | 6 | .053 | .582 | 99.673 | | | |
| | 7 | .020 | .217 | 99.890 | | | |
| | 8 | .006 | .069 | 99.958 | | | |
| | 9 | .003 | .031 | 99.989 | | | |
| | 10 | .001 | .011 | 100.000 | | | |
| Reescalada | 1 | 3.167 | 35.035 | 35.035 | 2.127 | 21.266 | 21.266 |
| | 2 | 2.604 | 28.806 | 63.842 | 1.768 | 17.680 | 38.946 |
| | 3 | 1.908 | 21.107 | 84.949 | 1.251 | 12.508 | 51.455 |
| | 4 | 1.001 | 11.075 | 96.024 | 1.233 | 12.333 | 63.788 |
| | 5 | .277 | 3.067 | 99.091 | | | |
| | 6 | .053 | .582 | 99.673 | | | |
| | 7 | .020 | .217 | 99.890 | | | |
| | 8 | .006 | .069 | 99.958 | | | |
| | 9 | .003 | .031 | 99.989 | | | |
| | 10 | .001 | .011 | 100.000 | | | |

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.
a. Al analizar una matriz de covarianza, los autovalores iniciales son los mismos en la solución bruta y en la reescalada.

Lo anterior se refuerza, con nuestra siguiente gráfica, que nos muestra la tendencia de las variables y muestra en donde se está produciendo la ruptura pronunciada (encontrar el codo) y el descenso gradual de los restantes. Por conclusión, se corrobora que debajo del 5, se pueden utilizar esos factores, tales 1,2,3 y 4.

Gráfica 4.1.

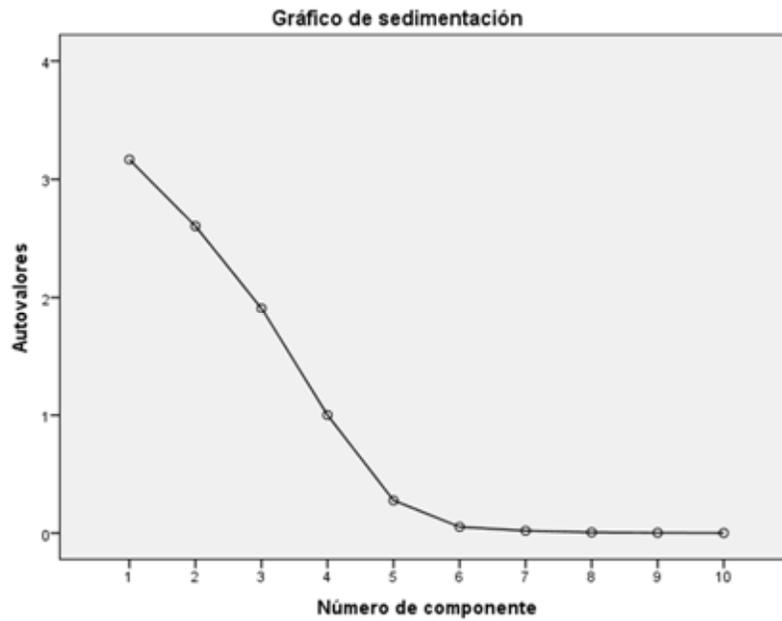


Tabla 4.7. Matriz de transformación de las componentes

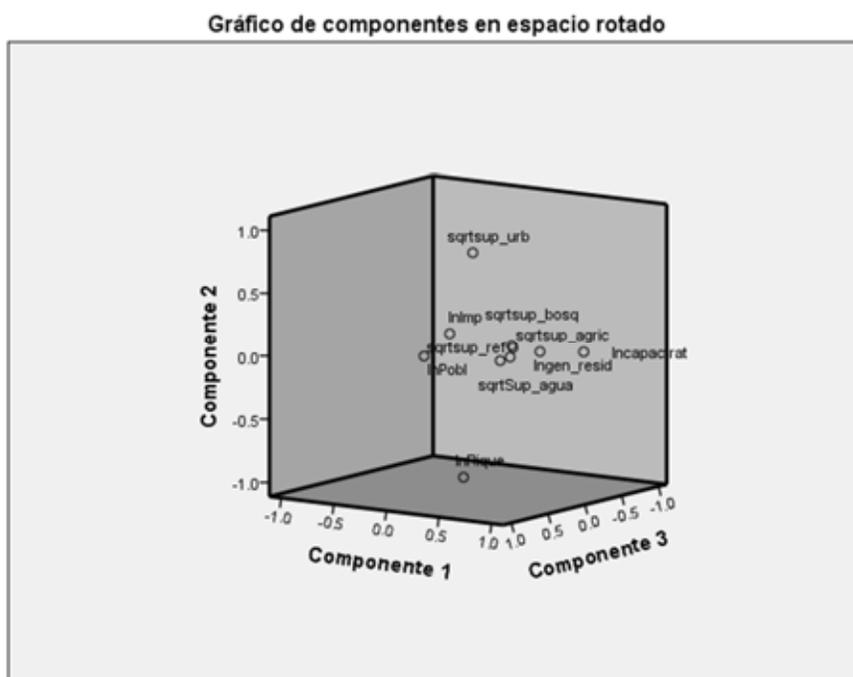
| Componente | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------|-------|-------|------|-------|
| 1 | .547 | .738 | .076 | .389 |
| 2 | .653 | -.670 | .132 | .328 |
| 3 | .503 | .076 | .033 | -.860 |
| 4 | -.146 | .030 | .988 | -.044 |

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

También . el siguiente gráfico nos muestra la relación positiva de los factores.

Gráfica 4.2.



Los productos obtenidos en las evaluaciones realizadas y presentadas en los informes tomados como muestra de este estudio, consideradas como variables dependientes en los procesos de investigación, se pueden agrupar en dos categorías, registradas en la tabla. El primer ámbito se refiere del factor 1 al 4, y el otro del 5 al 10.

Un dendograma es una representación gráfica en forma de árbol que resume el proceso de una agrupación en un análisis clústeres. Los objetos similares se conectan mediante enlaces cuya posición en el diagrama está determinada por el nivel de similitud entre los objetos.

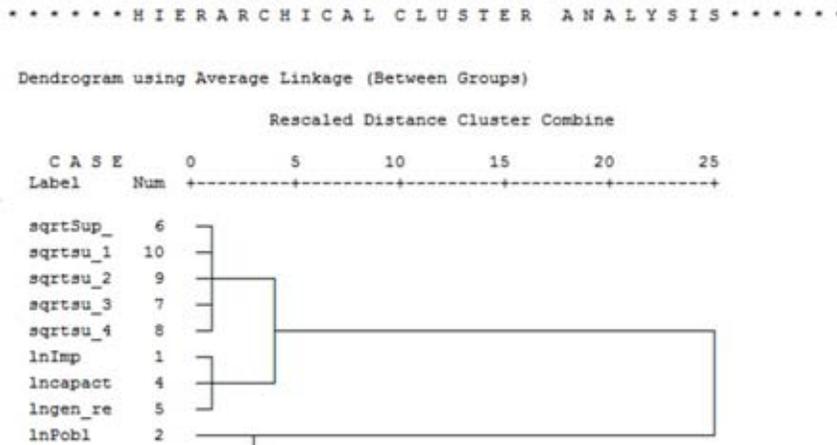
En la siguiente gráfica parece evidente, que tenemos 3 clústeres, en general si cortamos el dendograma mediante una línea vertical, es como determinamos el número de clústeres en que dividimos el conjunto de objetos, esta decisión es subjetiva, especialmente cuando se incrementa el número de objetos ya que si seleccionan demasiados, la interpretación de los mismos suele ser complicada.

Como ayuda a la decisión sobre el número de clúster se suelen representar los distintos pasos del algoritmo y la distancia a cuando se produce la fusión. En los primeros pasos el salto en las distancias será pequeño, mientras que en los últimos el salto entre pasos será mayor. El punto de corte será aquel en el que comienzan a producirse saltos bruscos.

En el dendograma nos arrojó una partición con dos clústeres principales, el cual mide la variable 6, 10, 9, 7 y 8, el otro por la variable 1,4 y 5. Se puede deber por la relación que existe tan cercana de la superficie de cuerpos de agua, la de áreas urbanas, la sup. de

bosque, la sup. reforestada y la superficie de agricultura. En cambio el clúster 2 están muy ligados la variable impacto, la de superficie de cuerpos de agua y por tanto la generación de residuos sólidos.

Gráfica 4.3. Dendograma



Regresión.

En el siguiente caso, a diferencia del R^2 del IPAT, era un valor muy bajo cercano a cero, en cambio nos muestra un valor de .477, bastante aceptable, debido a que fue enriquecido, por 7 variables más.

Tabla 4.8. Regresión

Resumen del modelo^a

| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación | Estadísticos de cambio | | | | | Durbin-Watson |
|--------|-------------------|------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|-------------|-----|-----|----------------------|---------------|
| | | | | | Cambio en R cuadrado | Cambio en F | gl1 | gl2 | Sig. del cambio en F | |
| 1 | .691 ^a | .477 | .253 | 1.101196531 | .477 | 2.127 | 9 | 21 | .074 | 2.488 |

a. Variables predictoras: (Constante), sqrt(sup_urb), sqrt(sup_ref), sqrt(sup_bosq), ln(capac trat), sqrt(Sup_agua), ln(Rique) , sqrt(sup_agric), ln(Pobl), ln(gen_resid)

b. Variable dependiente: ln(Imp)

ANOVA^b

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| 1 | Regresión | 23.213 | 9 | 2.579 | 2.127 | .074 ^a |
| | Residual | 25.465 | 21 | 1.213 | | |
| | Total | 48.679 | 30 | | | |

a. Variables predictoras: (Constante), sqrt(sup_urb), sqrt(sup_ref), sqrt(sup_bosq), ln(capac trat), sqrt(Sup_agua), ln(Rique) , sqrt(sup_agric), ln(Pobl), ln(gen_resid)

b. Variable dependiente: ln(Imp)

Coeficientes^a

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. | Intervalo de confianza para B al 95% | | Correlaciones | | | |
|--------|--------------------------------|------------|-----------------------------|--------|--------|--------------------------------------|-----------------|---------------|---------|-------------|-------|
| | B | Error tip. | Beta | | | Límite inferior | Límite superior | Orden cero | Parcial | Semiparcial | |
| 1 | (Constante) | 28.709 | 18.477 | | 1.554 | .135 | -9.716 | 67.134 | | | |
| | ln(Pobl) | -2.432 | 1.783 | -1.500 | -1.364 | .187 | -6.140 | 1.275 | .074 | -.285 | -.215 |
| | ln(Rique) | -.532 | .567 | -.344 | -.938 | .359 | -1.711 | .647 | .196 | -.201 | -.148 |
| | ln(capac trat) | .378 | .351 | .230 | 1.076 | .294 | -.352 | 1.108 | .378 | .229 | .170 |
| | ln(gen_resid) | 2.953 | 1.791 | 1.952 | 1.649 | .114 | -.772 | 6.679 | .172 | .339 | .260 |
| | sqrt(Sup_agua) | 10.631 | 3.971 | .487 | 2.677 | .014 | 2.373 | 18.889 | .290 | .504 | .423 |
| | sqrt(sup_ref) | -.066 | 1.638 | -.010 | -.041 | .968 | -3.474 | 3.341 | -.152 | -.009 | -.006 |
| | sqrt(sup_agric) | -1.614 | 2.131 | -.217 | -.757 | .457 | -6.045 | 2.818 | -.079 | -.163 | -.120 |
| | sqrt(sup_bosq) | 1.796 | 1.920 | .206 | .935 | .360 | -2.198 | 5.789 | .092 | .200 | .148 |
| | sqrt(sup_urb) | 2.905 | 2.844 | .236 | 1.021 | .319 | -3.010 | 8.820 | .231 | .218 | .161 |

a. Variable dependiente: ln(imp)

4.2. Discusión.

Debe quedar claro a partir de la discusión precedente que muchos de los cambios en el sistema ocurrir debido a las interacciones entre un gran número de actividades humanas, agregados a nivel mundial durante largos períodos de tiempo. Varias propiedades de estas interacciones emergen como características importantes de un sistema de la Tierra alterada [Steffen,2005].

La teoría económica convencional explica el deterioro ambiental, debido a que no existen muchos mercados bien estructurados y funcionales donde se intercambien los bienes ambientales; en consecuencia los productores y consumidores no incluyen los costos implicados en sus decisiones, lo que explica el uso excesivo de los recursos naturales y por consiguiente el deterioro del medio ambiente [Escalante, 2003]. De la anterior se puede demostrar que si existen externalidades cómo se puede ver el gráfica 2.3. Por lo tanto como quedó demostrado el crecimiento económico se traduce en un creciente deterioro ambiental, estas posturas se han analizado, básicamente, bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets, la cual propone que existe una relación inversa, en forma de U invertida, entre la degradación del ambiente o la emisión de determinados contaminantes y el ingreso per cápita. Así, la hipótesis de la curva de Kuznets sostiene que el impacto ambiental de las actividades económicas es mayor en las primeras etapas del desarrollo económico para posteriormente llegar a un punto máximo y después disminuir paulatinamente. En este sentido, la hipótesis de Kuznets permite identificar patrones sistemáticos entre el crecimiento y la degradación ambiental [Escalante, 2003].

El deterioro ambiental se debe a la inexistencia e imperfección de los mercados, falta de información, problemas de distribución del ingreso, y a la nula capacidad de tratamiento de las aguas residuales.

Por ejemplo hay que echar un vistazo a lo siguiente:

La planeación en México tiene sustento en los artículos 25 y 26 de nuestra Constitución Política. En el primero se asigna el Estado Mexicano la facultad de regir la economía nacional para garantizar el desarrollo económico y social de la República. Se establece que el “Estado planeará, conducirá, coordinará y aumentará la actividad económica, a través de

la concurrencia del sector público, el sector social y el sector privado en dicho proceso”, creando espacios políticos para facilitar la participación ciudadana.

El artículo 26 define el Sistema Nacional de Planeación Democrática, cuyo producto central es un Plan Nacional de Desarrollo, formulado en forma “democrática y participativa, que constituye referencia normativa para la administración pública federal, es decir, obligatoria por el período de la administración y susceptible de ser verificado La ley de Planeación es reglamentaria del artículo 26 constitucional; esta ley garantiza la participación social en la integración, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo; fija las bases a las que se sujetará la coordinación de actividades entre el Ejecutivo federal y las entidades federativas; precisa además las atribuciones que en esta materia corresponden a las dependencias y entidades federales dentro del Sistema Nacional de Planeación y la obligación de que ajusten sus programas al Plan Nacional de Desarrollo. La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal delimita las funciones de las dependencias y entidades del Ejecutivo Federal, en la estructura actual, corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) coordinar la integración del Programa Nacional del Medio Ambiente; la Conagua, como órgano desconcentrado de la Semarnat, coordina la integración del Programa Nacional Hidráulico [Sandoval, 2004].

También la reforma a la Ley de Aguas Nacionales en 2004, insiste recurrentemente en el “respeto” al “uso ambiental o de conservación ecológica, la cuota natural de renovación de las aguas, la sustentabilidad hidrológica de las cuencas hidrológicas y de ecosistemas vitales”. Y es que en términos de la gestión de recursos naturales, se presentan tres modalidades de planificación en relación con el enfoque del planificador frente al objeto de planeación en relación con el enfoque del planificador frente al objeto de planeación [Sandoval, 2004]:

- ❖ Racional comprensiva, centrada en el análisis cuantitativo y los modelos predictivos, en un proceso lineal. Este modelo presupone un objeto de planeación y en marco de valores estables, así como un elevado conocimiento de la respuesta del sistema ante cada intervención propuesta.
- ❖ Incremental, que busca enfrentar la complejidad del objeto de planeación aceptando un conocimiento limitado del mismo y avanza con pequeñas soluciones hacia una dirección definida en forma general, con una revisión continua de las acciones.
- ❖ Mixto, basado en el establecimiento de cadenas de decisiones incrementales que puedan generar cambios radicales en un sistema con base en una previsión aceptable de los cambios que generarán dichas decisiones según los modelos técnicos aplicables.

Considerando el método, puede también hablarse de dos tipos de planificación [Sandoval, 2004]:

- ❖ Centralista, en la que un conjunto de especialistas obtiene, manipula y organiza los elementos de la planificación (incluso aquéllos surgidos de ejercicios participativos), para integrar, sobre la base de valores predeterminados, el curso de acción a seguir respecto al objeto de planeación.

- ❖ Transactiva, centrada en el diálogo en un mismo nivel entre los planificadores y los sujetos que serán afectados por las decisiones, en el que las partes aportan elementos complementarios para resolver los problemas. Enfatiza en el proceso para promover el desarrollo personal y organizativo, introduciendo en la evaluación los valores de los participantes a fin de inducir su compromiso⁵⁷.

Siendo que existe un sesgo técnico e ideológico en los tomadores de decisiones a nivel gobierno, y pasan por alto que el objeto es maximizar el beneficio integrado –económico, social y ambiental- derivado del control y aprovechamiento del recurso, está compuesto por entidades que interactúan desde los diferentes órdenes de gobierno y ámbitos de acción, públicos y privados, con base en reglas de decisión definidas principalmente por el gobierno federal; estas reglas definen el intercambio de recursos naturales (acceso al agua), financieros (presupuestales y derivados de la recaudación de diversas cuotas) y principalmente de información, de la cual se derivan las respuestas de cada entidad frente al comportamiento de sus contrapartes. Este sistema no está generando resultados efectivos en forma eficiente, por lo que deben analizarse su transformación en términos de las relaciones entre las entidades que lo componen, para incrementar la eficacia de la gestión del agua, es deseable separar claramente la gestión del recurso en el nivel geográfico de la cuenca o acuífero, que se oriente a la gestión eficaz del acceso ordenado a un recurso común, distinguiéndolo del ámbito de gestión de los sistemas usuarios, los cuales, sujetos a reglas generales que definan los volúmenes medios aprovechables, deben buscar su operación sostenida con apoyo en las estructuras administrativas y presupuestales derivadas de la organización política de país.

Estamos hablando, claramente, de dos contextos relacionados pero con características distintivas, casi dos tipos de planificación del agua: el agua de “mayoreo”, donde tenemos que controlar y administrar el agua para todos generando el mayor bienestar social, desarrollo económico y calidad ambiental ; por otra parte, el agua “en menudeo”, en donde, dadas las reglas de distribución del agua disponible para los sistemas de abastecimiento público –urbano y rural- o productivo, hay que propiciar el máximo cumplimiento de los objetivos de dichos sistemas públicos y productivos, con base en la aplicación de mecanismos económicos, tecnológicos, socioculturales e institucionales. Con esta referencia, se ensaya una evaluación del proceso de planeación hídrica en México y se

⁵⁷ En este marco jurídico institucional de la planeación de la planeación, es útil también distinguir dos ámbitos distintos [Sandoval, 2004]:

□ El de la planeación dirigida a la gestión del agua en sus espacios naturales –cuencas, acuíferos-, cuyo objetivo central es organizar las acciones que conduzcan a un eficaz control y aprovechamiento del recurso del agua, el cual es asignado o concedido a usuarios bajo un sistema administrativo que debe permitir tratar con eventos de escasez o abundancia, así como propiciar, en cuencas con oferta cerrada, el control efectivo de los usos del agua y los mecanismos para la transferencia de títulos entre usuarios, salvaguardando los objetivos básicos en materia social y ambiental y maximizando el producto económico y el bienestar derivados de dicha distribución del agua disponible, conservando el equilibrio dinámico en la cantidad y calidad en las cuencas.

□ El de la planeación dirigida a cubrir el rezago y ampliar la cobertura y calidad de los servicios públicos de agua y saneamiento en los medios rural y urbano, que se relaciona directamente con las estructuras para la coordinación de acciones y concurrencia de aplicación presupuestal entre las tres órdenes del gobierno, en donde el federal y estatal buscan orientar el gasto hacia las prioridades nacionales y regionales respectivamente, mientras que el municipio, sobre la base de una red para la definición de prioridades desde la comunidad, busca maximizar la inversión y proporcionar el mejor servicio posible.

hacen propuestas en el contexto de transformación sectorial que preconiza la reforma a la Ley de Aguas Nacionales [Sandoval, 2004].

La planeación hídrica ganaría mucho en términos de su impacto real en la operación de los intercambios de información y recursos, si se incluyeran dos aspectos [Sandoval, 2004]:

- ❖ Un análisis, de dichos flujos en la estructura del sistema de gestión del agua, en gran medida determinados por las reglas formales y no formales de decisión que operan en cada punto de dicha estructura;
- ❖ segundo, estableciendo necesariamente un mecanismo permanente de decisión permanente de medición, evaluación y adaptación de las metas y programas, que incida directamente en las citadas reglas, evaluando su pertinencia en función del producto global del sistema de gestión.

Es indispensable llevar a cabo una revisión de la forma en que actualmente ocurren los intercambios de información, recursos financieros y la concurrencia de acciones de ejecución y supervisión de los programas para el desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento urbanos y rurales en México. Abordar el proceso de planeación desde paradigmas sistémicos, en particular desde los puntos de vista de las teorías de comunicación y la información, nos ayudaría enfocar refuerzos de la gestión en mejorar los mecanismos de intercambio de información y recursos entre los partes que concurrirnos en la citada gestión del agua [Sandoval, 2004]:

| | |
|---------|--|
| primero | La escasa accesibilidad e influencia que tienen los gestores del agua sobre las políticas macro-económicas, también la incapacidad de tener mayor autonomía financiera y jurídica, y no ser considerados los gestores en tratados internacionales. |
| segundo | La población no reacciona ante una contaminación del agua. Los usuarios poderosos realizan acciones negativas, y nadie los obliga a reparar el daño, porque no hay acciones para crear mecanismos para “gobernar” sobre el agua y las cuencas. |
| tercero | Los usuarios de menores posibilidades, usualmente aislados, renuncian a efectuar trámites interminables e inútiles para crear mecanismos de gobernabilidad o para utilizar los existentes que se encuentran fuera del alcance de sus posibilidades. |
| cuarto | Un retardo en la puesta en marcha de programas de gestión integrada del agua, también es muy común que exista mucho voluntarismo en las declaraciones oficiales, inclusive en leyes que se aprueban con el fin de crear autoridades de cuencas, privatizar empresas de servicios de agua, transferir sistemas de riego y drenaje a los usuarios o descentralizar acciones hacia gobiernos regionales, pero no se crean los mecanismos necesarios para llevar a cabo las ideas. |
| quinto | El desconocimiento que tienen muchos usuarios de los derechos que tienen con relación a presentar reclamos por contaminación del agua. Es decir que el usuario se convierte en un ser “amaestrado” para soportar las injusticias en la gestión del agua. Así el culpable no es el contaminador sino el que usa el agua contaminada. |
| sexto | Es la existencia repetida de una “gobernabilidad transitoria ⁵⁸ ”. |

⁵⁸ La gobernabilidad transitoria es la respuesta política frente a una situación extrema que provoca críticas en los periódicos o manifestaciones públicas.

Se crean entonces “comisiones de emergencia” que dan la impresión de que se hace algo, comisiones que luego se diluyen. Esto retarda la creación de sistemas estables de gobierno sobre el agua ya que apacigua los reclamos de los afectados. Una vez pasada la situación de emergencia hay un olvido generalizado de la temática [Dourojeanni, 2012].

| | |
|---------------------------|---|
| séptimo | La oposición cerrada de algunos usuarios importantes del agua con poder, o en una posición de privilegio, a “someterse” a un sistema de gobierno al cual temen con razón o por desconocimiento. |
| octavo | Simplemente en muchas cuencas de la región aún hay suficiente disponibilidad de recursos hídricos para absorber las demandas de agua tanto en cantidad como en calidad |
| Fuente: Dourojeanni, 2012 | |

Es importante resaltar estas preguntas expuestas por [Dourojeanni, 2012]:

¿Se repiten los mismos invitados a dichas reuniones sin agregar nuevos actores que influyen en la gestión del agua?, ¿Se elaboran documentos de base para ser debatidos en la reunión que reflejan lo ya avanzado en los temas?, ¿Se reproducen periódicamente las memorias de las reuniones?, ¿Las recomendaciones llegan a los actores que deciden?, ¿Se sistematiza la información proveniente de reuniones previas para no repetir las mismas recomendaciones y conclusiones?, ¿Hay algo nuevo en todo lo que se dice en una reunión sobre el tema?, ¿Cómo se capitalizan los nuevos aportes?, ¿Las conclusiones llegan al público objetivo?, ¿Los temas tratados son de interés para la prensa local o nacional?.

Los sistemas de gestión por cuencas se pueden integrar aspectos políticos, sociales, ambientales y económicos, como se muestra a continuación en la siguiente gráfica de acuerdo a la complejidad de las acciones a realizar⁵⁹.

Gráfica. 4.4.



La primera es asignar roles claros muy bien diferenciados, a las instituciones que tiene que ver con la gestión del agua, sus cursos naturales y obras hidráulicas principales, de las

⁵⁹ Lo más preocupante es el escaso trato que se le da en las políticas macroeconómicas donde se tiende mucho más a proteger las inversiones que la conservación del recurso y su uso equitativo. Toda acción de gestión de agua y de cuencas requiere un largo período de maduración y por ello no pueden resolverse situaciones conflictivas en un corto plazo, peor aun si éstas no se evitan con una adecuada planificación. Las autoridades de aguas, inclusive las de más alto nivel, se ven enfrentadas a la intromisión voluntaria o involuntaria de muchos actores que toman decisiones que afectan significativamente la capacidad de gestión del recurso. Muchas de estas decisiones son tomadas por actores exógenos al tema del agua. Así, empresas privadas estando fuera de una cuenca o dentro de ellas deciden hacer grandes inversiones alentadas por estímulos de inversión que terminan afectando significativamente el balance hídrico de una cuenca y la cuenca misma y los cauces naturales [Dourojeanni, 2012].

funciones que tienen asignadas las entidades encargadas del manejo de las cuencas y del ambiente en general. Es decir, no se deben entregar roles de Manejo de Cuencas y de gestión ambiental en general a las instituciones encargadas de gestionar el agua por cuencas. También se pretende que las entidades de agua por cuencas, como los consejos de cuenca, se conviertan en entidades ambientales de cuencas lo cual crea confusiones en los roles. En la práctica ello no funciona ya que la institucionalidad ambiental y de manejo de cuencas con fines productivos y conservacionistas debe estar separada de la institucionalidad del agua. Esto permite que la entidad ambiental haga cumplir a la entidad de aguas las normas ambientales y además pueda inclusive cobrarles por el servicio ambiental que presta el buen manejo de las zonas de captación de agua. Una de las causas de las confusiones es originada por las propias leyes de aguas cuando a las entidades de gestión de agua por cuencas se las denomina, como se mencionó arriba, agencias o consejos "de cuenca" en lugar de llamarlos agencias o consejos "de aguas", lo cual da lugar a confusiones jurisdiccionales, no solo con las autoridades ambientales sino también con las autoridades político administrativas sobre municipios o estados. También se debe reconocer que las autoridades ambientales no tienen definidos sus espacios de gobernabilidad y han visto en las agencias o consejos de cuenca la oportunidad de tener tal territorio, el cual no necesariamente es el óptimo para la gestión ambiental de ecosistemas cuyos territorios de influencia nada tiene que ver con los límites de cuencas hidrográficas. También como causa es lograr la estabilidad institucional y del personal especializado de las entidades encargadas de la gestión del agua. Por ejemplo, en Argentina los puestos públicos especializados como los de subsecretario de recursos hídricos también se asignan por concurso de méritos y examen público, para evitar que se asigne el puesto por razones políticas a personas ajenas al tema⁶⁰[Dourojeanni, 2012]. Por eso se tiene que tener un proceso de gobernabilidad, que considere realmente el interés de los actores a ser beneficiados o afectados por las decisiones de gobierno, al igual que un plan "estratégico de la cuenca"⁶¹.

Una entidad de cuencas debe tener una mínima capacidad de autofinanciarse independientemente de que reciban o no financiamiento externo. Es obviamente vital que las entidades de cuenca dispongan de fondos para realizar sus trabajos cualquiera sea su origen, pero cuantos más fondos se generan por los propios usuarios más compromisos adquieren con el cumplimiento de los objetivos de las actividades que están financiando. El compromiso local en financiar actividades es un indicador del éxito de la participación de los actores y del entendimiento de la importancia del tema. Las cuencas son territorios que

⁶⁰ La gobernabilidad se basa en considerar como elementos de juicio los recursos, las actividades, los productos y los impactos (cuantificables y percibidos por el grupo a ser beneficiado o afectado por la decisión) que se producen con una decisión de acción, por ejemplo en el tema del agua.

⁶¹ El plan debe basarse en un inventario en profundidad de los recursos de la cuenca, tener estrategias que enfrenten el efecto acumulativo de las intervenciones en la cuenca (como el efecto de la expansión urbana), prioridad para estudiar y controlar el efecto de la ocupación del territorio sobre el ciclo del agua, asociar presupuestos y propuestas de acciones locales, enfoques integrales de gestión de cuencas, estar sujetos a mandatos de revisión de cumplimiento de metas, tener capacidad de convocatoria, considerar la asociación entre usos de agua subterránea y superficial, evaluar tanto el efecto de las acciones directamente vinculadas al uso del agua como las acciones que programan otros sectores que tienen influencia sobre el agua (tales como la inversión minera, ocupación de márgenes de río, construcción de caminos en la cuenca y otros); definir y separar claramente los roles que le corresponden a cada sector en la gestión de los recursos naturales, establecer estándares como los de calidad de agua que deben ser cumplidos por todos los habitantes y proveer un puente entre lo que señalan los estudios científicos, lo que la sociedad desea y los mecanismos de gestión aplicables.

proveen una variedad de servicios ambientales, sociales y económicos. La adecuada coordinación de los aspectos económicos vinculadas a tales servicios es esencial: subsidios de diferente tipo, cobranzas por contaminación, asignación de concesiones o derechos de agua, mercados de agua, gestión de servicios de agua potable y saneamiento, hidroenergía, navegación, recreación y otros, recuperación de inversiones en obras hidráulicas mayores y otra serie de aspectos vinculados a instrumentos, cobros, finanzas, asignación de costos y beneficios, valoración de servicios ambientales y de uso de recursos naturales, conservación de parques naturales, recuperación de inversiones, seguros por desastres, obligan a que una entidad de cuencas disponga de un sólido departamento contable para saber cuánta riqueza genera una cuenca y sus recursos (y como se valora tal riqueza) bajo los diferentes sistemas de explotación y cómo conservarla⁶².

Los gobiernos, conjuntamente con los gestores del agua y sus usuarios⁶³, tienen que tener presente las formas en que las políticas macroeconómicas y los tratados de protección a la inversión las afectan e inciden sobre los mismos. Los acuerdos de comercio y de protección de inversión deberán incorporar principios y procedimientos aptos para la consideración de cuestiones sociales y ambientales de interés público que se podrían ver afectadas por los compromisos internacionales adquiridos, incluyendo en ellos los tratados para la gestión de cuencas transfronterizas. Para ello deben estar involucrados los ministerios de relaciones exteriores y los de economía y finanzas. Pero nuestras obras hidráulicas se deterioran, los conflictos por el agua aumentan, los fenómenos naturales extremos siguen causando desastres que se podrían evitar o mitigar en gran parte. Lo peor es que nuestra capacidad como sociedad ha disminuido para prevenir, evitar o solucionar tales conflictos. No hemos sido capaces en varios países de modernizar nuestras leyes de aguas. La autoridad de aguas sigue sin real capacidad administrativa y poca autonomía en otros tantos países. No se han podido establecer organismos estables de gestión de aguas por cuenca con capacidad jurídica y financiera. No hemos podido disminuir ni controlar la contaminación de nuestros cursos de aguas superficiales, subterráneos y marítimos. Estamos hipotecando nuestro bienestar y futuro ambiental, económico y social.

| Tabla. 4.10. ¿En qué podemos comprometernos? | |
|--|--|
| Primero | Tener a nivel nacional una visión política general compartida sobre el agua: se deberá tener una visión conceptual y socialmente admitida de lo que el agua significa. Y un consenso sobre la organización para la gestión del agua y las cuencas y la estabilidad institucional, financiera y legal necesarias para lograrlo con el apoyo político y público necesario. |
| Segundo | Tener un sistema de gestión del agua funcional y estable dirigido por personal altamente calificado en gestión del agua. |
| Tercero | Elaboración de planes de ordenamiento del uso del agua deben ser totalmente coherentes |

⁶² La realización de auditorías y la vigilancia de la aplicación de las normas aprobadas por la propia asamblea de usuarios y el estado debe ser un atributo de una organización encargada de gestión de cuencas, como lo es la secretaría técnica. Las licencias, permisos de uso, asignación de cuotas y otras concesiones deben ser garantizadas, ya sea por la propia secretaría o por los propios usuarios asistidos por el estado si es necesario (en su rol de regulador). En general, una entidad de cuencas debe ser el garante de que las decisiones que se tomen sean efectivamente implementadas en los plazos estipulados, dentro de los costos establecidos y otros pormenores vinculados a lo económico y financiero.

⁶³ El ser humano, desde el momento en que interacciona con la naturaleza, y sobre todo cuando la modifica para habilitar el entorno con el fin de adaptarlo a sus necesidades, debe reconocer que adquiere un compromiso permanente para manejarla (esto es lo que en general evitamos reconocer y, sobre todo, no queremos pagar por ello o mejor dicho, dejar de ganar).

| | |
|---------------------------|--|
| | con los planes de ordenamiento de uso del territorio: es la transferencia, a una escala practicable, es decir, (en el propio territorio) de los acuerdos sobre las formas de gestión del agua y el territorio. Este aspecto es crucial para la prevención de riesgos por inundación, protección de humedales y franjas costeras y protección de zonas de recarga de agua subterránea entre otros. |
| Cuarto | Tomar decisiones con información, pero sobre todo con conocimiento. |
| Quinto | Comprometerse a mantener una excelencia profesional de aquellos encargados de intervenir en la gestión del agua y las cuencas. Además se deben reforzar los programas de formación y de creación de capacidades en todas las universidades. Así como hoy se ha popularizado los MBA (Maestrías en Administración de Empresas) de igual manera deben popularizarse los MGIA (Maestrías en Gestión Integrada del Agua) si es que la sociedad les garantiza conseguir empleo adecuadamente remunerado en base a una institucionalidad sólida. |
| Sexto | Una gestión técnicamente bien sustentada. Se trata de algo evidente pero muchas veces ignorado. La gestión del agua debe ser conducida por expertos en el tema con diferentes disciplinas. Sus roles deben ser coherentes con su conocimiento, sus capacidades de líder, la complejidad del medio a ser manejado y la responsabilidad asignada. |
| Séptimo | Un ciclo económico (presupuestal) estable y transparente. Una política de agua debe basarse en emprendimientos y compromisos financieros claros y estables. Es esencial que los ciclos económicos garanticen la gestión del recurso. No solo hay que distribuir el agua, también hay que distribuir los costos y beneficios. |
| Octavo | Debemos ponernos de acuerdo sobre los valores con los cuales vamos a trabajar: visión y apoyo político, integración, flexibilidad, respeto y honestidad, ética y solidaridad, asumir obligaciones mutuas y ser prácticos. El compromiso de una buena gestión del agua debe incluir por lo menos estos aspectos. |
| Fuente: Dourojeanni, 2012 | |

Finalmente, también el tema central es saber qué es lo que lo impide. ¿Es nuestra cultura?, ¿Es porque somos indisciplinados?, ¿Es porque crecemos tan rápido en población y, sobre todo, en concentración de la población en zonas urbanas que nos enfrentamos a situaciones que otros países más consolidados no lo han tenido como desafío?, ¿Es porque somos demasiado inclinados a seguir los modelos externos, tanto de consumo como de organización, que tenemos dificultades para adaptarnos al medio donde vivimos y necesitamos re-culturizarnos?, ¿Es porque pensamos más en sacar votos que hacer lo correcto?, ¿Es porque los expertos en aguas nos juntamos sólo entre nosotros para felicitarnos mutuamente por pensar igual pero sin invitar a los otros actores que están tomando decisiones que afectan al recurso [Dourojeanni, 2012]?

Los enfoques economicistas también tienen sus límites. No se puede esperar que una racionalidad puramente económica que nos ha llevado en muchas instancias a la sobre explotación de recursos sea la única que nos saque del problema. No hay que descartar los indicadores económicos pero sí hay que tomarlos con cuidado. De hecho es dudoso que aun cuando se valoren todos los elementos de la naturaleza o se creen cuentas de patrimonio natural (mejor dejándolas en satélites para que no malogren las curvas de crecimiento del PBI) vayan a influir en las decisiones que tomen hacienda, banco central o banca internacional. La aplicación de instrumentos económicos es también válida, pero hay que

recordar por ejemplo que en materia de control de contaminación hay cientos y miles de usuarios ilegales que no se acogen a ninguna de estas reglas⁶⁴[Dourojeanni, 2012].

Dentro de las discusiones, tienen que salir nuevos enfoques, como lo es el siguiente que me pareció interesante.

Las posibles soluciones que sugirió Álvaro Alberto Aldama Rodríguez (Director del IMTA, de la Semarnat) [Jacobo, 2004]:

- Crear una secretaría del agua
- Crear un organismo de fomento a los servicios de agua potable y saneamiento, los grandes rezagos en cobertura de servicios de agua potable y saneamiento deben de ser atendidos de manera inmediata. Este organismo podría tener un carácter descentralizado y estaría coordinado por la Secretaría del Agua.
- Crear un gabinete de desarrollo sustentable, el concepto de desarrollo sustentable se apoya en tres principios fundamentales: crecimiento económico, equidad social y respeto al medio ambiente. Para acceder al desarrollo sustentable es necesario emprender un esfuerzo coordinado de los sectores productivos y de las autoridades ambientales.
- Crear el servicio meteorológico, hidrológico y de calidad del agua. Las labores de medición, monitoreo y evaluación de todos los componentes del ciclo hidrológico y de la calidad de los recursos hídricos son fundamentales para la planeación del aprovechamiento del agua y la operación de la infraestructura hidráulica, así como para instrumentación de esquemas de protección civil ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos y contingencias hídrico-ambientales. El servicio integraría las funciones técnicas y de medición que lleva a cabo actualmente la Comisión Nacional del Agua. Sería deseable que también adoptare la figura de organismo público descentralizado, para promover la formación de cuadros con alto grado de calificación técnica, que además estuvieren protegidos por un servicio civil de carrera, que a su vez asegurare la continuidad de los programas de medición, monitoreo y evaluación.
- Incrementar el gasto en investigación, educación, desarrollo y transferencia de tecnología y formación de recursos humanos. Como ya se explicó anteriormente, la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología y la formación de recursos humanos son activos indispensables del sector para catalizar las acciones orientadas a alcanzar el escenario deseable para el país en materia de agua para el año 2025. De hecho, los nuevos descubrimientos científicos y principalmente las innovaciones tecnológicas, pueden sustancialmente modificar los escenarios prospectivos. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es el brazo científico y tecnológico del sector y debe de ser fortalecido. El instituto puede apoyar decididamente los esfuerzos de descentralización brindando asistencia y asesoría, así como transfiriendo tecnología a todos los actores del sector, con el fin de elevar la capacidad institucional del mismo. Por otra parte, sería también importante involucrar a las universidades e institutos tecnológicos para que participen en la propuesta de soluciones a la problemática hídrica de las regiones en las que están inscritos. De hecho los consejos de cuenca, las comisiones de cuenca y los comités

⁶⁴ Por ello hay que buscar fórmulas prácticas y funcionales a la cultura y condición de cada lugar. En muchas comunas el aporte en mano de obra o el convencimiento de mejorar sus prácticas es mucho más significativo que la cobranza de multas y es eso lo que debe considerarse. La inercia de los sistemas públicos actuales sin embargo impide muchas veces optar por estas alternativas.

técnicos de aguas subterráneas pueden apoyarse en instituciones académicas y de investigación para encargarse de estudios que les permitan evaluar la condición que guardan las cuencas y acuíferos de su interés.

- Crear un sistema de servicio civil de carrera en el sector. Este sistema debería de estar sustentado principalmente en el principio de certificación de la competencia laboral. Esto es particularmente importante para asegurar la continuidad de programas en todas las instituciones que integran el sector
- Crear un tribunal de aguas. En un principio, la resolución de conflictos entre usos y usuarios podría ser competencia de la secretaría de agua, la cual ofrecería servicios de arbitraje administrativo.
- Adecuar el marco legal y normativo. Deben de reformarse la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, que exhiben carencias y deficiencias. Existe un proyecto en ese sentido, para la expedición de una Ley General de Aguas.

Los organismos operadores de agua potable y alcantarillado son, en su gran mayoría, entidades paramunicipales. Por tal motivo, el personal directivo de los mismos es designado por los gobiernos municipales. Es muy común que tales nombramientos recaigan en personas sin experiencia en la materia sustantiva de los organismos. Esto también provoca que exista una enorme rotación y falta de continuidad en el resto de la plantilla de personal de dichas instituciones. Asimismo, las tarifas de servicios de agua potable y alcantarillado se definen con criterios político-partidistas, por lo que comúnmente resultan muy deficientes. Esto ha ocasionado que los organismos carezcan de capacidad de inversión. Todo lo anterior ha impedido que muchos organismos operadores se consoliden y que se atraigan inversiones privadas para modernizar y ampliar la infraestructura y mejorar el servicio a la población. De hecho, en la mayor parte del país el servicio a los usuarios deja mucho que desear. [Jacobo, 2004].

También se puede señalar la implementación de un Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas (SCAE). La medición de la sostenibilidad ambiental busca conocer si es posible esperar en el futuro que el nivel de bienestar al menos se mantenga en el nivel actual. Esto dependerá de tres factores: del flujo de ingresos, de la magnitud de los stocks de activos (recursos agotables, cantidad y calidad de recursos renovables, maquinaria y edificios, inversión en educación e investigación) y de la calidad de las instituciones que recibirán las generaciones futuras.

La calidad de vida de la presente y futuras generaciones dependerá de cómo se usen los activos, es decir el capital económico considerado en el Sistema de Contabilidad Nacional (maquinaria y edificios) y también el capital natural (recursos naturales, clima y biodiversidad), el capital humano (trabajo, educación y salud) y el capital social (redes sociales, confianza y capital institucional).

Esta opción (combinar indicadores) se puede realizar recurriendo a cuatro tipos de mediciones: tableros de indicadores, indicadores compuestos, indicadores para corregir el PIB e indicadores de sobreconsumo y subinversión. Los tableros son los más amplios; ordenan y agrupan series relacionadas con la durabilidad del progreso económico y

suponen un grado importante de sustituibilidad, lo que determina el número de indicadores. Pero mientras más 'fuerte' se considere la sustituibilidad, más heterogéneo será el tablero y menos vínculos causales tendrán entre sí sus componentes.

Conclusiones.

- ❖ Se acepta la hipótesis de la calidad del agua se pudo durante el presente trabajo, ser vista de manera multivariada. Y por medio del análisis factorial, nos proporciona una categoría importante, tal es el caso de la relación entre el impacto, la población, riqueza y la capacidad de tratamiento. De cada una se puede tomar acciones y otras se desencadenan de los factores externos.
- ❖ El problema de la calidad del agua es un tema de seguridad nacional, por ello se deben reforzar cada una de las medidas aquí expuestas, y evaluarse con diferentes especialistas para obtener una solución integral.
- ❖ La calidad del agua tiene que ser un factor a considerar por parte del gobierno como una afectación directa sobre el crecimiento económico.
- ❖ Aunque no se tengan una serie de modelos de calidad del agua tan eficiente, eso nos está llevando a que no estamos teniendo una producción teórica importante. Afectando de manera fundamental el conocimiento de la realidad del problema.
- ❖ Durante el desarrollo del presente trabajo descansa sobre dos ramas importantes de la ciencia económica, tal es la economía pública como la ecológica.
- ❖ Lo que queremos es que la calidad sea para siempre y que tenga una tendencia constante dentro los valores estadísticos aprobados y permitidos con estándares a nivel internacional, un correcto uso y el manejo unitario por cuencas hidrológicas. Y es que el daño provocado, pueda ser difícil de corregir por todo lo que hemos dañado al medio ambiente por la prioridad de tener mejor nivel de vida, sacrificando nuestro bienestar futuro, estamos enfrentando un costo de oportunidad muy alto.
- ❖ Haber determinado que la identidad IPAT en su versión estocástica (STIRPAT), no nos arrojó resultados satisfactorios debido a los valores reportados por ello se tuvo que retroalimentar de más variables para hacer un análisis más completo, desembocando en el análisis multivariado.
- ❖ El agua es un recurso natural invaluable, tal que su calidad es causa de preocupación de diversos sectores de la población tanto a nivel nacional como internacional, porque se tiene que dar un panorama favorable a los que la consumimos, y garantizar su calidad para evitar posibles catástrofes. Por tal motivo se debe de contar con información confiable; pero la realidad es que no sucede así. Su atraso es notable, prueba de ello es que no estamos prestando a cumplir con las normas existentes para que la misma tenga una preservación de largo plazo, por ello tal es el caso del sector primario, en específico es el uso de fertilizantes que en forma de escurrimiento afectan tanto aguas superficiales como subterráneas, Que tal vez podamos vislumbrar que alguien tenga en su poder el control del agua, mermando así nuestro futuro.

- ❖ Debemos de internalizar la externalidad que provoque la contaminación del agua, sin provocar un efecto nacional, y poner remedio de manera inmediata en donde se empiece a agudizar, para asegurar el teorema de Coase.
- ❖ Debido a la escasez de información, mediante este trabajo, se puede determinar la importancia de que el análisis de la calidad del agua pasamos de la identidad IPAT a un análisis multivariado para tener en cuenta más situaciones que afectan a la misma.
- ❖ La generación de la riqueza (PIB), es una de las metas del gobierno que ocupa una alta prioridad, y para llegar a ello nos está dejando que este a su vez descuide el cuidado a un recurso no renovable; el país puede producir más, pero no lo está canalizando, se puede ver en los medios, se pide “cuidar el agua”, pero no se ha visto una campaña agresiva en donde a cada uno como mexicanos se nos involucre como parte de nuestro medio ambiente, en realmente “mantener la calidad del agua en México para los futuros años o no agravarla”, y es que no puede ser posible que con toda las facilidades que tenemos para acceder a la internet, como redes sociales, conexiones Wi-Fi gratuitas, no se muestre un movimiento real en pro del futuro de nuestro vital líquido. Esto nos lleva a que el Estado no está cumpliendo con el artículo 25 y 26 de nuestra Carta Magna.
- ❖ Tenemos que reforzar la importancia el cuidado de nuestro vital líquido, que posee funciones ecológicas y recreativas.
- ❖ Debido a que uno de los factores de la degradación nacional del agua es la sobrepoblación, por lo tanto se tiene que hacer una mejora continua en las normas oficiales porque nuestras actividades económicas se están haciendo más intensivas y extensivas. Esto debe ir de la mano considerando que el incumplimiento de la norma pueda reflejarse en una multa ejemplar.

Recomendaciones.

- ❖ Realizar una visión integral del agua, por tal motivo se tiene que generar capital humano, para asegurar una administración eficiente de la misma, y que las obras de infraestructura sean las más adecuadas, sin afectar el medio ambiente y a la población en su conjunto.
- ❖ Privatizar servicios de agua potable y saneamiento, descentralizar acciones, fomentar la participación local, aplicar el principio de contaminador pagador,

reformular las leyes y normas, crear capacidades, fiscalizar mejor las acciones y ejercer un sistema de vigilancia.

- ❖ Registrar los usuarios y los derechos otorgados y, en general, como se ha mencionado es contar con mejor información.
- ❖ Planear un horizonte del agua que sea sustentable o tendencial. Consolidar la administración integral de las aguas superficiales y subterráneas, en cantidad y calidad.
- ❖ Hacer un énfasis especial en la modelación matemática para conocer más acerca del funcionamiento hidrológico cuando este se somete a varias condiciones, ya sean naturales como en el caso de las sequías o inundaciones o asociadas a las actividades antropogénicas; se pueden aplicar para llevar a cabo la determinación y la posterior regionalización, sin perder la visión integral.
- ❖ Tener acceso en tiempo real sobre la calidad del agua.
- ❖ Si la contaminación nos está arrojando una externalidad quiere decir que nuestra economía no está funcionando del todo bien, y que nosotros somos los principales afectados. Reforzar las soluciones ex ante (tecnologías limpias, prácticas sostenibles y educación ambiental) y las ex post (instalación de sistemas de tratamiento del agua ya contaminada).
- ❖ Reforzar una rigurosa educación ambiental en nuestros gobernantes, ya que en ocasiones no alcanzan a dimensionar el efecto de las reformas y controles de normas que establecen sin observar de manera directa, ya que es importante llevar una función más operativa que administrativa.
- ❖ Hacer una evaluación mensual ambiental, porque se está perdiendo en el PIB, a causa de la degradación del mismo.
- ❖ Eliminar los subsidios a la gasolina y a la agricultura extensiva.
- ❖ Mejorar la recaudación de impuestos ambientales, para canalizarlo en mejoras en el tratamiento de aguas residuales y apoyos a la investigación.
- ❖ Fijación de normas y estándares ambientales, fijación de subsidios para reducción de la contaminación y permisos y licencias de contaminación.
- ❖ La creación de fideicomisos para mejorar las condiciones del agua, mediante la combinación de impuestos y subsidios.

- ❖ Reforzar el monitoreo de fuentes potenciales de contaminación como tanques de almacenamiento de hidrocarburos (gasolineras), rellenos sanitarios, descargas de aguas residuales, y procurar el saneamiento de acuíferos contaminados.
- ❖ Tomar acciones preventivas, cuando la población presente complicaciones en su salud debido al ingerir agua contaminada.
- ❖ Ampliar y mejorar las bases de datos existentes sobre calidad del agua.
- ❖ El análisis de la calidad del agua se ha visto como un índice, pero no se ha visto con detenimiento sus posibles orígenes o implicaciones con otros factores, que nos den un pronóstico más cercano para los hacedores de políticas públicas en nuestro país.
- ❖ Tomar en cuenta que se tiene que establecer que se elabore un tribunal especializado en manejo del agua, y que lleve a cabo la aplicación de las leyes.
- ❖ Revisar con detenimiento los indicadores, tales como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o la Demanda Química de Oxígeno. (DQO), para que evalúen con más detenimiento la gran variedad de compuestos tóxicos orgánicos e inorgánicos.
- ❖ Vigilar a la industria petrolera, que es causante de la descarga de gran cantidad de sustancias tóxicas. También sin dejar de pensar en la agricultura, en la utilización de fertilizantes como el fósforo y el nitrógeno, eutrofizando cuerpos superficiales, además de disminuir su capacidad de dilución y purificación.
- ❖ Analizar los asentamientos urbanos o la creación de posibles centros, para que no tengan tanto impacto negativo en el medio ambiente.
- ❖ Organizar eventos en nuestro país con fines internacionales, para llevar a cabo conciencia del manejo adecuado de la calidad de la misma, y que con ese monto becar a jóvenes universitarios de diferentes lugares del país para que complementen su formación en el extranjero y regresen para poner en práctica lo aprendido.
- ❖ Proponer diseños tipo que puedan adaptarse a las necesidades de pequeñas localidades del país, que incluyan: aspectos sobre el proceso, construcción y operación de las plantas de tratamiento propuestas.
- ❖ Para evitar enfermedades, se debe mostrar a la gente el correcto uso del almacenaje del agua, para evitarles problemas de salud.
- ❖ Si se invierte tanto en infraestructura carretera en el país por parte del gobierno federal, porque no invertir en estudios a nivel laboratorio y escala industrial, sobre reúso del agua.
- ❖ Implementar un Sistema de Contabilidad Ambiental Económica (SCAE), para medir la sostenibilidad ambiental, y ver cuánto podemos crecer.

- ❖ Definir la situación en que estamos con respecto a la toma y existencia de estadísticas ambientales, para ver en cual situación estamos.
- ❖ Implementar estudios de posgrado sobre manejo de la calidad del agua.
- ❖ Mejorar la capacidad de resiliencia de las plantas de tratamiento.
- ❖ Llegar a un punto estable en el sistema natural, por ello se debe de trabajar en la resiliencia del mismo.

Bibliografía.

1. Ayuga, Esperanza. Análisis de datos multivariante, http://ocw.upm.es/estadistica-e-investigacion-operativa/matematicas-y-estadistica-aplicada/contenidos/OCW/Anal_Multivar/Mat_Clase/anal_mult_1.pdf. 29 de julio del 2013.
2. Arreguín Cortés, Felipe & coaut. [2006], Water quality management in Mexico. En Water Quality Management in the Americas. Springer.
3. Ávila, Patricia [2008], Legislación, política del agua e inversión pública en regiones indígenas en: El agua en México, Consecuencias de las políticas de intervención en el sector. GUERRERO, H; Coaut., Fondo de Cultura Económica.
4. Baró, J. y Alemany, R. [2000], Estadística II. Ed. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya. Barcelona.
5. Barrios, Eugenio [2004], El manejo de la calidad del agua: un asunto pendiente. En: Tortajada, Cecilia, Guerrero, V. y Sandoval, R. (Coordinadores). Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas. Miguel Ángel Porrúa. pp. 125-158.
6. Breña, Augustín [2004], Gestión Integral del Agua. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 39-62
7. Casado, Mahía [2013], Análisis factorial. http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/factorial.pdf. Fecha de consulta 29 de julio del 2013.
8. Castillo, Ignacio [2004], Calidad del agua y saneamiento. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 255-265.

9. Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A.C. [2001], Los Consejos de Cuenca de México. México.
10. CONAPO, varios años. Población en México. En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234.
11. Dar, I.A., Santar, K. , & Dar, M.A. [2011], Spatial assessment of groundwater quality in Mamundiyar basin, Tamiil Nadu, India. Environmental Monitoring and Assessment. DOI 10.1007/s10661-010-1702-2.
12. Dourojeanni, Axel [2012], Si sabemos tanto sobre qué hacer en materia de gestión integrada del agua y cuencas ¿Por qué no lo podemos hacer?, México. pp 135-171.
13. Ehrlich, P., & Holdren, J. [1971], The impact of population growth. Science, 171, 1212–1217.
14. Ehrlich, Paul, coaut. Global change and carrying capacity: implications for life on earth en <http://links.jstor.org/>, Stanford University.
15. Escalante, R & Catalán, H. [2003], Economía ambiental: una revisión temática y bibliografía actual. Economía Informa, 102-116. UNAM.
16. Figueras, Salvador [2013], Análisis factorial. <http://ciberconta.unizar.es/LECCION/factorial/FACTORIALEC.pdf>. Fecha de consulta 31 de julio del 2013.
17. Galindo, Luis Miguel, coaut. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles y cemento en América Latina en Economía Informa. No. 360. Facultad de Economía. Octubre 2009.
18. Gallopin, G., Rijsberman, F. [1999], Three global Water Scenarios. World Water Council, Paris.
19. García, Benjamín [2000], Economía Ambiental. Facultad de Economía, México. UNAM.
20. García León, Francisco [2004], Régimen jurídico del agua en México. En: Tortajada, Cecilia, Guerrero, V. y Sandoval, R. (Coordinadores). Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas. Miguel Ángel Porrúa. pp. 30-46.
21. Girod, Bastien, coaut. The evolution of the IPCC's emissions scenarios. En: www.elsevier.com/locate/envsci.
22. Gleick, Peter, coaut. [2002], The New economy of water. Pacific Institute.

23. Grant, Joel. [2011], “Holistic Regional Approach to Water Management”, en Department of Environmental Sciences and Energy Research”:351-354
24. Guerrero, Vicente [2004], Aportes de la gestión integral del agua. En: Tortajada, Cecilia, Guerrero, V. y Sandoval, R. (Coordinadores). Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas. Miguel Ángel Porrúa. pp. 30-46.
25. Gutiérrez, Ricardo [2011], Modelo para armar: gestión del agua en la Provincia de Buenos Aires. En: Insuani, Fernando (Coordinador). Política pública y gestión del agua. Aportes para un debate necesario. Prometeo libros. 2011. pp.153-197.
26. Hamrin, Jan, coaut. Review of the role of renewable energy in global energy scenarios for The International Energy Agency Implementing Agreement on Renewable Energy Technology Deployment. Junio, 2007.
27. Harte, John [2007], The Anthropocene Era: How Humans are Changing the Earth System Human population as a dynamic factor in environmental degradation. Springer Science-Business Media.
28. Hernández de la Rosa, [2006], EL Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en México. En: En: Vázquez, Verónica Soares, Denisse (Coordinadores). Gestión y Cultura del Agua. IMTA/COLPOS. pp. 26-61.
29. Heyd, Thomas. (2011). Pensar la relación entre cultura y cambio climático. En: Ulloa, Astrid (Coordinadora). Perspectivas culturales del clima. Centro Editorial, Facultad de Ciencias Humanas. pp. 33-55
30. INEGI. 2012. México en cifras. INEGI, Aguascalientes, México.
31. INEGI. Varios años. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgiwin/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL>.
32. Jackson, Robert. Water in a changing world. En Issues in ecology. 2001.
33. Jiménez, B. [2001], La contaminación ambiental en México, México, Limusa.
34. Jiménez, Claudia. Aprendizaje estadístico. <http://aprendest-022011.wikispaces.com/>. Consulta 10-agosto-2013.
35. Johnson, R. R. [1996], Elementary statistics”. Belmont, etc. Duxbury, cop.

36. Lara, Fernando [2004], Prevención y control de la contaminación de acuíferos. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 267-272.
37. López, Mario [2004], El programa de modernización del manejo del agua: avances y perspectivas. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 55-79.
38. Martínez, Eliseo. Análisis factorial. <http://www.et.bs.ehu.es/~etptupaf/nuevo/ficheros/estad4/multi.pdf>. fecha de consulta. 12-agosto-13
39. Manly, B.J. [2005], Multivariate Statistical Methods: a Primer. Chapman & Hall, London & New York.
40. Martín-Guzmán, P. (1991): “Curso básico de estadística económica”. AC, DL. Madrid.
41. Naiman, R. J., and M. G. Turner [2000], A future perspective on North America’s freshwater ecosystems: trends, consequences, challenges, and opportunities. Ecological Applications.
42. Oswald, Úrsula [2006], Hidrodiplomacia y conflictos por el acceso al agua. En: Vázquez, Verónica Soares, Denisse (Coordinadores). Gestión y Cultura del Agua. IMTA/COLPOS. pp. 23-45.
43. Palacios, Enrique [2004], El manejo sustentable del agua subterránea. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp 133-157
44. Paré, Luisa [2006], En búsqueda de un manejo territorial del agua transparente e incluyente una experiencia en el sur de Veracruz. En: Vázquez, Verónica Soares, Denisse (Coordinadores). Gestión y Cultura del Agua. IMTA/COLPOS. pp. 62-118.
45. Peña, Salvador [2004], Perfil deseable del planificador del aprovechamiento y conservación del recurso hídrico. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 55-79.
46. Peña Sánchez de Rivera, D. [1987], Estadística. Modelos y Métodos. Volumen 2. Alianza Editorial. Madrid.
47. Postel, S., Daily, G., & Ehrlich, P. [1996], Human appropriation of renewable fresh water. Science, 271, 785–788.
48. Raupach, Michael. Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions. En www.pnas.com.

49. Saldívar, Américo [2007] Las aguas de la ira : Economía y cultura del agua en México. ¿sustentabilidad o gratuidad?.
50. Steffen, Will, A. Sanderson, P. Tyson, J. Jäger, P. Matson, B. Moore, F. Oldfield, K. Richardson, H. J. Schellnhuber and B. L. Turner [2005], The Anthropocene Era:How Humans are Changing the Earth System. En: Steffen, Will, A. Sanderson, P. Tyson, J. Jäger, P. Matson, B. Moore, F. Oldfield, K. Richardson, H. J. Schellnhuber and B. L. Turner. Global change and the earth system a planet under pressure. Springer. 81-141
51. Unep, Gems Water programme & IAP Water Programme [2008], Water quality for ecosystem and human health. Ontario Canada.
52. Ulloa, Astrid [2011], Construcciones culturales sobre el clima. En: Ulloa, Astrid (Coordinadora). Perspectivas culturales del clima. Centro Editorial, Facultad de Ciencias Humanas. pp. 33-55
53. Valencia, Juan [2004], La planeación hidráulica en México. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 81-102.
54. Waggoner, P.E. A framework for sustainability science: A renovated IPAT identity. En pnas.org/cgi/doi. Junio 2002.
55. Wong-González, Pablo [2004], Agua y desarrollo regional sustentable una aproximación metodológica. En: Jacobo, Marco Antonio (Coordinador). La gestión del agua en México: Los retos para el desarrollo sustentable. Miguel A. Porrúa. pp. 283-299.

Anexos.

Anexo 1. Variables para México 2003

| Año de los datos: 2003 | | | |
|------------------------|-------------|---------------|----------------|
| Entidad | Impacto (I) | población (P) | Riqueza (A) |
| Aguascalientes | 103.35 | 1,031,196 | 76,880,441.00 |
| Baja California | 1211.43 | 2651600 | 216,923,395.00 |
| Baja California Sur | 1140.30 | 481300 | 38,303,079.00 |
| Campeche | 220.94 | 740088 | 350,828,234.00 |
| Coahuila | 89.24 | 2452867 | 234,361,478.00 |
| Colima | 2303.81 | 553819 | 40,305,727.00 |

| | | | |
|------------------|--|----------|------------------|
| Chiapas | 41.54 | 4206345 | 141,806,156.00 |
| Chihuahua | 284.62 | 3181264 | 237,889,701.00 |
| Distrito Federal | 1637.00 | 8791472 | 1,325,151,578.00 |
| Durango | 101.19 | 1507993 | 94,610,781.00 |
| Guanajuato | 269.65 | 4880950 | 290,046,486.00 |
| Guerrero | 479.69 | 3156130 | 116,408,801.00 |
| Hidalgo | 101.18 | 2340848 | 101,846,652.00 |
| Jalisco | 234.90 | 6654365 | 480,691,228.00 |
| México | 755.10 | 13585435 | 645,873,047.00 |
| Michoacán | 348.11 | 4040540 | 178,913,205.00 |
| Morelos | 35.14 | 1592338 | 90,331,248.00 |
| Nayarit | 1188.08 | 952426 | 41,636,126.00 |
| Nuevo Leon | 292.20 | 4101135 | 521,232,473.00 |
| Oaxaca | 50.07 | 3550129 | 113,735,344.00 |
| Puebla | 235.00 | 5294847 | 244,943,139.00 |
| Querétaro | 94.19 | 1536293 | 118,150,464.00 |
| Quintana Roo | 157.14 | 1041357 | 98,484,173.00 |
| San Luis Potosi | 137.61 | 2406612 | 128,428,627.00 |
| Sinaloa | 1616.90 | 2618791 | 146,018,584.00 |
| Sonora | 3791.74 | 2358773 | 169,527,306.00 |
| Tabasco | 444.13 | 1981647 | 170,381,670.00 |
| Tamaulipas | 383.00 | 2952026 | 244,346,686.00 |
| Veracruz | 568.00 | 7152996 | 313,406,216.00 |
| Yucatan | 49.26 | 1778065 | 95,956,498.00 |
| Zacatecas | 64.15 | 1384476 | 53,417,232.00 |
| <i>Fuente:</i> | | | |
| Impacto | Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas | | |
| Población | Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 | | |
| Riqueza | Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL | | |

Anexo 2. Variables para México 2004

| Año de los datos: 2004 | | | |
|------------------------|-------------|---------------|----------------|
| Entidad | Impacto (I) | Población (P) | Riqueza (A) |
| Aguascalientes | 104.57 | 1050582 | 85,040,449.00 |
| Baja California | 1020.99 | 2737104 | 246,886,040.00 |
| Baja California Sur | 1178.40 | 495476 | 44,639,935.00 |
| Campeche | 222.92 | 749697 | 450,632,997.00 |
| Colima | 2268.89 | 561868 | 43,466,961.00 |
| Chiapas | 81.40 | 4260523 | 150,985,494.00 |

| | | | |
|---|---------|----------|------------------|
| Chihuahua | 270.60 | 3219679 | 267,632,624.00 |
| Distrito Federal | 1637.00 | 8806256 | 1,500,899,253.00 |
| Durango | 65.39 | 1516537 | 106,969,678.00 |
| Guanajuato | 272.67 | 4912288 | 319,972,952.00 |
| Guerrero | 517.89 | 3156838 | 128,968,805.00 |
| Hidalgo | 102.46 | 2355830 | 120,232,762.00 |
| Jalisco | 182.44 | 6720412 | 530,530,072.00 |
| México | 1277.33 | 13803752 | 721,313,010.00 |
| Michoacán | 158.59 | 4030251 | 200,443,829.00 |
| Morelos | 35.14 | 1606922 | 97,570,933.00 |
| Nayarit | 1188.59 | 955793 | 48,168,350.00 |
| Nuevo Leon | 300.00 | 4162744 | 608,018,410.00 |
| Oaxaca | 60.35 | 3553065 | 128,513,349.00 |
| Puebla | 238.40 | 5359081 | 266,780,366.00 |
| Querétaro | 94.19 | 1567427 | 134,992,571.00 |
| Quintana Roo | 138.90 | 1086067 | 111,901,838.00 |
| San Luis Potosi | 115.19 | 2421870 | 148,229,994.00 |
| Sinaloa | 1443.55 | 2626158 | 170,614,156.00 |
| Sonora | 4242.10 | 2386569 | 195,859,919.00 |
| Tabasco | 334.60 | 1994555 | 208,570,808.00 |
| Tamaulipas | 415.00 | 2994743 | 284,619,852.00 |
| Veracruz | 569.00 | 7179590 | 364,702,837.00 |
| Yucatan | 21.50 | 1802870 | 109,335,770.00 |
| Zacatecas | 66.65 | 1384643 | 60,583,910.00 |
| <i>Fuente:</i> | | | |
| Impacto | | | |
| Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas | | | |
| Población | | | |
| Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 | | | |
| Riqueza | | | |
| Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL | | | |

Anexo 3. Variables para México 2005

| | | | |
|---|-------------|---------------|----------------|
| Año de los datos: 2005 | | | |
| Modelo: Eq. (2) de York et al. Ecological Economics 46 (2003): 354. | | | |
| Entidad | Impacto (I) | Población (P) | Riqueza (A) |
| Aguascalientes | 117.37 | 1069423 | 92,176,187.00 |
| Baja California | 1061.89 | 2822478 | 267,448,291.00 |
| Baja California Sur | 1234.20 | 509524 | 48,458,584.00 |
| Campeche | 223.05 | 758987 | 488,581,628.00 |
| Coahuila | 170.53 | 2515416 | 280,738,938.00 |

| | | | |
|-----------------|--|----------|----------------|
| Colima | 2270.00 | 569727 | 45,764,980.00 |
| Chiapas | 61.00 | 4312067 | 163,309,771.00 |
| Chihuahua | 270.60 | 3256512 | 289,784,183.00 |
| Durango | 91.52 | 1524078 | 110,785,296.00 |
| Guanajuato | 275.22 | 4940605 | 338,670,575.00 |
| Guerrero | 519.08 | 3154988 | 138,547,098.00 |
| Hidalgo | 102.78 | 2369307 | 129,685,368.00 |
| Jalisco | 872.00 | 6782676 | 573,694,355.00 |
| México | 947.80 | 14016823 | 794,152,299.00 |
| Michoacán | 274.58 | 4016934 | 212,851,457.00 |
| Morelos | 35.40 | 1620871 | 104,330,474.00 |
| Nayarit | 1203.08 | 958587 | 51,321,490.00 |
| Nuevo Leon | 353.60 | 4221981 | 659,523,322.00 |
| Oaxaca | 51.45 | 3553231 | 135,571,145.00 |
| Puebla | 257.00 | 5420091 | 297,408,774.00 |
| Querétaro | 94.19 | 1598089 | 151,557,465.00 |
| Quintana Roo | 172.86 | 1130652 | 126,568,126.00 |
| San Luis Potosi | 122.38 | 2435543 | 161,792,187.00 |
| Sinaloa | 1943.20 | 2632273 | 177,699,035.00 |
| Sonora | 5160.00 | 2413074 | 216,429,316.00 |
| Tabasco | 370.55 | 2006277 | 243,879,128.00 |
| Tamaulipas | 125.58 | 3035926 | 304,629,659.00 |
| Veracruz | 569.00 | 7201126 | 397,617,103.00 |
| Yucatan | 48.52 | 1826750 | 121,943,667.00 |
| Zacatecas | 68.19 | 1384006 | 64,686,245.00 |
| <i>Fuente:</i> | | | |
| Impacto | Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas | | |
| Población | Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 | | |
| Riqueza | Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL | | |

Anexo 4. Variables para México 2006

| Año de los datos: 2006 | | | |
|------------------------|-------------|---------------|----------------|
| Entidad | Impacto (I) | Población (P) | Riqueza (A) |
| Aguascalientes | 120.67 | 1088005 | 104,722,669.00 |
| Baja California | 1361.34 | 2907896 | 297,254,110.00 |
| Baja California Sur | 1279.00 | 523572 | 54,605,381.00 |
| Campeche | 229.70 | 768222 | 620,541,539.00 |
| Coahuila | 170.53 | 2545081 | 315,418,288.00 |
| Colima | 2269.80 | 577575 | 51,426,652.00 |
| Chiapas | 78.22 | 4362413 | 182,807,376.00 |

| | | | |
|--|---------|----------|----------------|
| Durango | 65.31 | 1531298 | 119,715,928.00 |
| Guanajuato | 286.72 | 4968208 | 381,010,518.00 |
| Guerrero | 141.05 | 3152533 | 148,673,093.00 |
| Hidalgo | 96.34 | 2382691 | 147,707,521.00 |
| México | 788.10 | 14227630 | 880,578,559.00 |
| Michoacán | 271.85 | 4003680 | 235,390,729.00 |
| Morelos | 34.62 | 1634731 | 110,843,162.00 |
| Nayarit | 1218.48 | 961381 | 63,004,715.00 |
| Nuevo Leon | 300.30 | 4279990 | 744,577,817.00 |
| Oaxaca | 63.00 | 3553032 | 154,530,776.00 |
| Puebla | 272.13 | 5479856 | 331,976,193.00 |
| Querétaro | 94.19 | 1628739 | 170,979,772.00 |
| Quintana Roo | 215.19 | 1175475 | 140,695,795.00 |
| San Luis Potosi | 122.30 | 2448749 | 185,049,702.00 |
| Sinaloa | 1040.00 | 2638052 | 192,556,533.00 |
| Sonora | 5174.40 | 2438807 | 254,370,896.00 |
| Tabasco | 548.86 | 2017710 | 305,540,942.00 |
| Tamaulipas | 424.00 | 3076329 | 326,449,504.00 |
| Veracruz | 5724.00 | 7221618 | 460,198,951.00 |
| Yucatan | 50.58 | 1850434 | 133,648,009.00 |
| Zacatecas | 68.19 | 1383311 | 73,903,325.00 |
| <i>Fuente:</i> | | | |
| Impacto | | | |
| Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas | | | |
| Población | | | |
| Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 | | | |
| Riqueza | | | |
| Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL | | | |

Anexo 5. Variables para México 2007

| Año de los datos: 2007 | | | |
|------------------------|-------------|---------------|----------------|
| Entidad | Impacto (I) | Población (P) | Riqueza (A) |
| Aguascalientes | 106.85 | 1106319 | 115,882,184.00 |
| Baja California | 1462.63 | 2993422 | 315,180,277.00 |
| Baja California Sur | 1290.90 | 537586 | 61,277,640.00 |
| Campeche | 214.57 | 777506 | 678,970,692.00 |
| Coahuila | 170.53 | 2573950 | 337,371,455.00 |
| Colima | 2298.12 | 585429 | 56,869,056.00 |
| Chiapas | 53.10 | 4411808 | 190,977,529.00 |
| Chihuahua | 183.20 | 3326882 | 349,925,166.00 |
| Durango | 65.08 | 1538251 | 128,604,262.00 |
| Guanajuato | 298.00 | 4995325 | 403,946,807.00 |

| | | | |
|--|------------|----------|----------------|
| Guerrero | 8.76 | 3149703 | 165,089,586.00 |
| Hidalgo | 74.00 | 2396201 | 167,338,493.00 |
| Jalisco | 8371.00 | 6903114 | 684,291,501.00 |
| México | 780.40 | 14435284 | 963,333,040.00 |
| Michoacán | 272.41 | 3991189 | 259,963,668.00 |
| Nayarit | 1220.35 | 964285 | 62,940,538.00 |
| Nuevo Leon | 286.50 | 4337085 | 831,117,250.00 |
| Oaxaca | 66.92 | 3553070 | 167,789,212.00 |
| Puebla | 290.80 | 5538621 | 361,203,891.00 |
| Querétaro | 72.10 | 1659431 | 193,027,258.00 |
| Quintana Roo | 215.20 | 1220891 | 157,364,201.00 |
| San Luis Potosi | 138.24 | 2461624 | 197,956,544.00 |
| Sinaloa | 1716.00 | 2643536 | 218,443,784.00 |
| Sonora | 5186.20 | 2463707 | 275,537,600.00 |
| Tabasco | 574.07 | 2029035 | 353,483,922.00 |
| Tamaulipas | 467.54 | 3116054 | 365,315,115.00 |
| Tlaxcala | 83.22 | 1104580 | 56,884,559.00 |
| Veracruz | 5733730.00 | 7242133 | 501,868,539.00 |
| Yucatan | 50.99 | 1874235 | 147,786,099.00 |
| <i>Fuente:</i> | | | |
| Impacto | | | |
| Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas | | | |
| Población | | | |
| Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 | | | |
| Riqueza | | | |
| Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL | | | |

Anexo 6. Variables para México 2008

| | | | |
|------------------------|-------------|---------------|----------------|
| Año de los datos: 2008 | | | |
| | | | |
| Entidad | Impacto (I) | Población (P) | Riqueza (A) |
| Aguascalientes | 112.59 | 1124288 | 121,969,099.00 |
| Baja California | 1454.02 | 3079363 | 330,947,990.00 |
| Baja California Sur | 1306.00 | 551525 | 67,651,267.00 |
| Campeche | 243.00 | 786753 | 803,702,742.00 |
| Coahuila | 170.53 | 2601884 | 372,011,896.00 |
| Colima | 2300.81 | 593224 | 61,254,786.00 |
| Chiapas | 58.17 | 4460013 | 214,647,767.00 |
| Chihuahua | 191.46 | 3359934 | 372,809,492.00 |
| Durango | 65.45 | 1544614 | 142,216,483.00 |
| Guanajuato | 298.00 | 5020800 | 439,115,122.00 |
| Guerrero | 8.92 | 3145656 | 168,222,814.00 |
| Hidalgo | 77.00 | 2409162 | 192,994,006.00 |

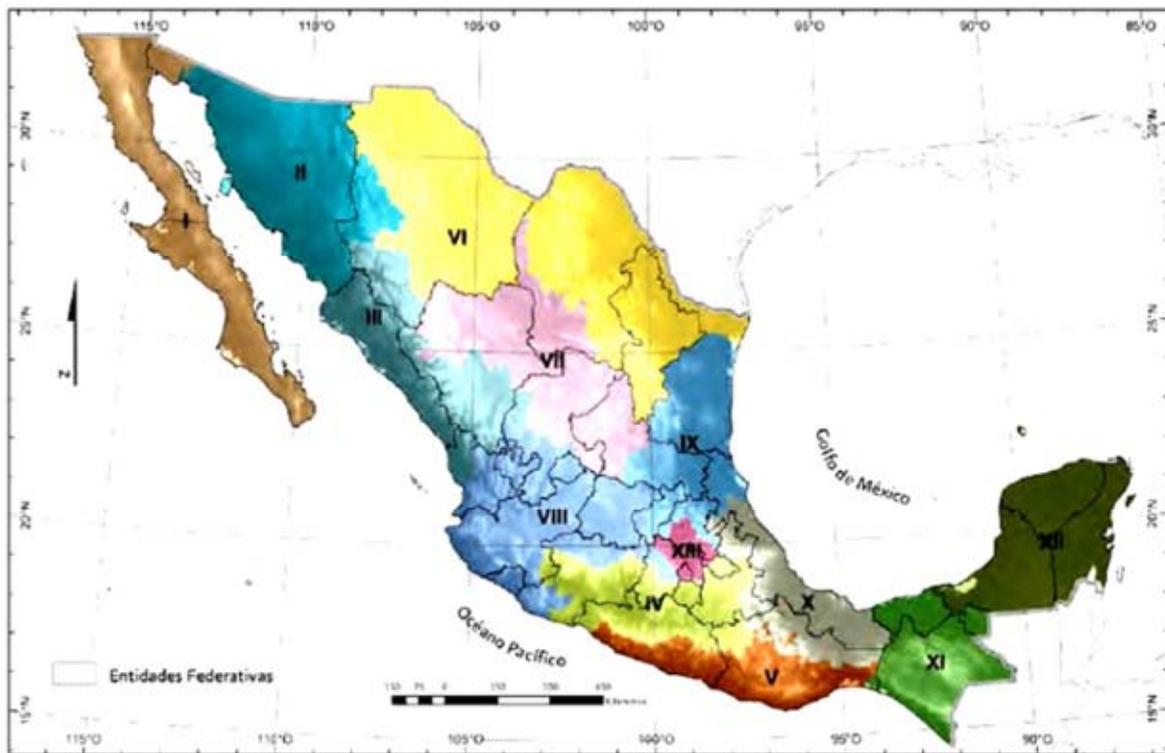
| | | | |
|--|---------|----------|------------------|
| Jalisco | 9338.00 | 6960799 | 730,915,539.00 |
| México | 780.43 | 14638436 | 1,040,112,055.00 |
| Michoacán | 369.00 | 3977964 | 289,662,696.00 |
| Morelos | 43.08 | 1661813 | 120,849,615.00 |
| Nayarit | 1220.35 | 966996 | 70,204,676.00 |
| Nuevo Leon | 301.10 | 4393095 | 898,791,617.00 |
| Oaxaca | 95.21 | 3552300 | 185,586,700.00 |
| Puebla | 292.12 | 5595760 | 393,849,247.00 |
| Querétaro | 72.07 | 1690042 | 214,051,594.00 |
| Quintana Roo | 406.70 | 1267087 | 168,744,402.00 |
| San Luis Potosi | 137.87 | 2473678 | 219,047,934.00 |
| Sinaloa | 6199.00 | 2648330 | 241,338,448.00 |
| Sonora | 5188.00 | 2487608 | 288,638,041.00 |
| Tabasco | 595.32 | 2039979 | 437,927,970.00 |
| Tamaulipas | 525.00 | 3154947 | 407,735,386.00 |
| Tlaxcala | 63.53 | 1119819 | 61,626,431.00 |
| Veracruz | 5876.00 | 7261119 | 544,891,181.00 |
| Yucatan | 24.82 | 1898086 | 158,328,238.00 |
| Zacatecas | 70.76 | 1381399 | 91,644,874.00 |
| <i>Fuente:</i> | | | |
| Impacto | | | |
| Volumen de aguas residuales vertidas (Millones de metros cúbicos) En: http://www.inegi.org.mx/lib/buscador/bibliotecas | | | |
| Población | | | |
| Datos obtenidos de la CONAPO En: http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=234 | | | |
| Riqueza | | | |
| Miles de pesos corrientes a precios básicos. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. En: http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR1500700070005000700070#ARBOL | | | |

Anexo 7. Variables para el enfoque multivariado

| Entidad | ln(imp) | ln(Pobl) | ln(Risque) | ln(capac trat) | ln(gen_resid) | sqrt(Sup_agua) | sqrt(sup_ref) | sqrt(sup_agric) | sqrt(sup_bosc) | sqrt(sup_urb) |
|---------------------|---------|----------|------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|
| Aguascalientes | 4.6844 | 13.8646 | 18.2519 | 5.7811 | 5.9162 | 0.0682 | 0.6967 | 0.6547 | 0.2787 | 0.1409 |
| Baja California | 6.9986 | 14.8221 | 19.3080 | 5.3077 | 7.1616 | 0.0601 | 0.1431 | 0.2552 | 0.1500 | 0.1062 |
| Baja California Sur | 7.0764 | 13.1129 | 17.5905 | 5.2700 | 5.2781 | 0.1918 | 0.0559 | 0.1576 | 0.0684 | 0.0453 |
| Campeche | 5.4040 | 13.5272 | 19.8697 | 4.1810 | 5.4972 | 0.1958 | 0.2259 | 0.2006 | 0.0222 | 0.0565 |
| Coahuila | 4.8151 | 14.7254 | 19.3627 | 5.0713 | 6.7699 | 0.0506 | 0.3928 | 0.2230 | 0.1738 | 0.0562 |
| Colima | 7.7323 | 13.2388 | 17.5795 | 5.6267 | 5.2523 | 0.1208 | 0.7353 | 0.5715 | 0.2274 | 0.1235 |
| Chiapas | 4.0790 | 15.2646 | 18.8379 | 3.7846 | 7.0326 | 0.1437 | 0.5252 | 0.4267 | 0.3001 | 0.0694 |
| Chihuahua | 5.6175 | 14.9846 | 19.3924 | 5.4994 | 7.1213 | 0.0527 | 0.1136 | 0.2774 | 0.4878 | 0.0560 |
| Distrito Federal | 7.4000 | 15.9900 | 21.0671 | 4.2268 | 8.4651 | 0.0437 | 0.2595 | 0.5003 | 0.3405 | 0.6312 |
| Durango | 4.4380 | 14.2317 | 18.4588 | 5.4688 | 6.1862 | 0.0571 | 0.2614 | 0.3110 | 0.5613 | 0.0443 |
| Guanajuato | 5.6077 | 15.4070 | 19.5699 | 4.6742 | 7.4289 | 0.0980 | 0.5437 | 0.6959 | 0.2788 | 0.1114 |
| Guerrero | 6.2250 | 14.9648 | 18.6648 | 4.0155 | 6.7708 | 0.0871 | 0.2852 | 0.4090 | 0.4624 | 0.0678 |
| Hidalgo | 4.6263 | 14.6722 | 18.5748 | 4.2214 | 6.4552 | 0.0669 | 0.4200 | 0.6583 | 0.3538 | 0.0960 |
| Jalisco | 5.8121 | 15.7204 | 20.0826 | 4.2044 | 7.9051 | 0.1226 | 0.3414 | 0.4891 | 0.4243 | 0.0957 |
| México | 6.8778 | 16.4402 | 20.3918 | 4.1996 | 8.7275 | 0.0888 | 0.5214 | 0.6805 | 0.4270 | 0.1974 |
| Michoacán | 5.5114 | 15.2091 | 19.0982 | 5.0365 | 7.0040 | 0.1206 | 0.3511 | 0.5268 | 0.4013 | 0.0936 |
| Morélos | 3.5618 | 14.2897 | 18.3927 | 5.3891 | 6.3081 | 0.0492 | 0.7596 | 0.7436 | 0.2509 | 0.1919 |
| Nayarit | 7.0844 | 13.7701 | 17.6628 | 5.2546 | 5.6348 | 0.1326 | 0.5875 | 0.4299 | 0.4503 | 0.0772 |
| Nuevo Leon | 5.7498 | 15.2414 | 20.2015 | 5.8409 | 7.5575 | 0.0495 | 0.2762 | 0.3565 | 0.2655 | 0.0944 |
| Oaxaca | 3.9847 | 15.0831 | 18.6486 | 3.8983 | 6.6896 | 0.1324 | 0.2097 | 0.4022 | 0.3056 | 0.0616 |
| Puebla | 5.4942 | 15.4941 | 19.4097 | 4.0361 | 7.4599 | 0.0369 | 0.4790 | 0.6722 | 0.3059 | 0.1194 |
| Queretaro | 4.4544 | 14.2647 | 18.7149 | 4.7557 | 6.3333 | 0.0577 | 0.4075 | 0.5521 | 0.3137 | 0.1162 |
| Quintana Roo | 5.0478 | 13.8975 | 18.5316 | 5.0019 | 6.0544 | 0.1024 | 0.2602 | 0.1364 | 0.0103 | 0.0716 |
| San Luis Potosí | 4.8261 | 14.6998 | 18.7957 | 4.8093 | 6.5723 | 0.0530 | 0.5158 | 0.4590 | 0.2452 | 0.0775 |
| Sinaloa | 7.4117 | 14.7809 | 18.9166 | 5.5504 | 6.7890 | 0.2316 | 0.3672 | 0.5766 | 0.3694 | 0.0955 |
| Sonora | 8.3807 | 14.6851 | 19.0781 | 5.0794 | 6.7250 | 0.0832 | 0.1371 | 0.2430 | 0.3005 | 0.0570 |
| Tabasco | 5.9413 | 14.5057 | 19.1405 | 4.6458 | 6.4441 | 0.2286 | 0.7456 | 0.3948 | 0.0243 | 0.0707 |
| Tamaulipas | 5.6031 | 14.9121 | 19.4385 | 4.9829 | 6.9994 | 0.2050 | 0.1587 | 0.5057 | 0.2415 | 0.0949 |
| Veracruz | 6.3433 | 15.7865 | 19.6929 | 5.2760 | 7.6187 | 0.1680 | 0.4609 | 0.5636 | 0.1414 | 0.0980 |
| Yucatán | 3.6157 | 14.4047 | 18.5028 | 2.2854 | 6.3333 | 0.0698 | 0.2511 | 0.2389 | 0.0000 | 0.1031 |
| Zacatecas | 4.1944 | 14.1408 | 17.8994 | 3.7018 | 5.8972 | 0.0443 | 0.3995 | 0.4985 | 0.2909 | 0.0600 |

Fuente: INEGI. 2012. México en cifras. INEGI, Aguascalientes, México.

Las 13 regiones hidrológico-administrativas.



Del 2003 al 2008

Frecuencias

Estadísticos

Estadísticos

| | | IMPACT | POBLATION | RIQUEZA_PIB |
|---------|----------|------------|--------------|----------------|
| N | Válidos | 179 | 179 | 179 |
| | Perdidos | 0 | 0 | 0 |
| Media | | 32828.2728 | 3190385.9330 | 268027532.2682 |
| Mediana | | 270.6000 | 2473678.0000 | 190977529.0000 |
| Moda | | 94.19(a) | 481300.00(a) | 38303079.00(a) |
| Mínimo | | 8.76 | 481300.00 | 38303079.00 |
| Máximo | | 5733730.00 | 14638436.00 | 1500899253.00 |

a Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.